国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国战略性新兴产业研究与发展

R&D of China's Strategic New Industries

模　具

Die & Mould

中国模具工业协会 组编
武兵书 主编

机械工业出版社
China Machine Press

中国战略性新兴产业研究与发展

模　具

中国模具工业协会 组编

武兵书　主编

机械工业出版社
China Machine Press

本书系统研究了国际、国内模具产业链的现状和发展趋势，从战略角度为我国模具产业创新驱动发展提供了有价值和可操作性的指导建议。全书共 9 章正文和 3 个附录：第 1 章深入分析了模具的作用及其战略地位；第 2 ～ 4 章全面分析了国际、国内模具产业的发展历程和发展现状；第 5 章较系统地分析了我国模具产业的发展环境和面临的形势；第 6 章对我国模具产业的发展思路、发展战略和发展目标提出了具体指导性意见；第 7 章提出了我国模具产业未来 5 ～ 8 年重点发展的领域，介绍了我国模具行业进行的一部分共性技术、专项技术的研发情况和取得的进展；第 8 章提出了我国模具产业创新驱动发展的措施；第 9 章对我国模具产业的发展风险做了初步分析，并对促进我国模具产业的健康发展提出了政策建议；附录部分提供了模具行业相关参考资料。

本书将普及性、科学性有机地统一起来，既具有一定的理论深度，又具有浅显易懂、实用的特点，既适合各级政府和行业决策机构制定政策法规、学术研究机构规划研究方向时参考，也适合企业决策者，技术、管理及市场人员，以及投资、证券行业及咨询机构的人员在规划、投资、研究、项目实施中使用。

图书在版编目（CIP）数据

中国战略性新兴产业研究与发展．模具 / 武兵书主编 ；中国模具工业协会组编．-- 北京 ：机械工业出版社，2018.2

ISBN 978-7-111-59304-1

Ⅰ．①中… Ⅱ．①武… ②中… Ⅲ．①新兴产业－产业发展－研究－中国②模具－产业发展－研究－中国

Ⅳ．① F269.24 ② F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 040416 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）

责任编辑：朱彩绵　　责任校对：李　伟

北京宝昌彩色印刷有限公司印制

2018 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

170mm×242mm • 24 印张 • 440 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-59304-1

定价：148.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社 服 务 中 心 :(010)88361066	年 鉴 网 :http://www.cmiy.com
销 售 一 部 :(010)68326294	机工官网 :http://www.cmpbook.com
销 售 二 部 :(010)88379649	机工官博 :http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线:(010)68326643	**封面无机械工业出版社专用防伪标均为盗版**

“中国战略性新兴产业研究与发展”

编委会

主　任　路甬祥　第十届、十一届全国人大常委会副委员长，中国科学院院士、中国工程院院士

副主任　苏　波　中纪委驻中央统战部纪检组组长

王文斌　中国机械工业联合会副会长、机械工业信息研究院院长、机械工业出版社社长

委　员　（按姓氏笔画排序）

于庆瑞　甘肃长城电工电器工程研究院有限公司院长、天水长城开关厂有限公司总工程师

石　勇　机械工业信息研究院副院长

冯金尧　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会会长

邢　敏　中国内燃机工业协会常务副会长兼秘书长

吕天文　中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会秘书长、中国电子节能技术协会常务理事兼副秘书长、中国云体系产业创新联盟常务理事、国际数据中心及计算展发起人、ICTresearch 公司创始人

刘庆宾　重庆材料研究院有限公司董事长兼总经理、中国仪器仪表行业协会仪表功能材料分会理事长

孙容磊　华中科技大学教授、中国人工智能学会智能制造专业委员会秘书长

吴正元　中国塑料加工工业协会专家委员会委员，南京聚隆科技股份有限公司、南京聚锋新材料有限公司名誉董事长

陆大明　中国机械工程学会副理事长兼秘书长

武兵书　中国模具工业协会会长

赵志明　中国石油和石油化工设备工业协会首席顾问

徐东华　机械工业经济管理研究院院长、国务院发展研究中心研究员

郭　锐　机械工业信息研究院副院长、机械工业出版社总编辑

蒋善武　天安电气集团有限公司总裁

景晓波　工业和信息化部运行监测协调局副巡视员

谢三明　工业和信息化部运行监测协调局监测预测处处长

樊高定　中国制冷空调工业协会常务副理事长

瞿金平　华南理工大学教授、中国工程院院士

《中国战略性新兴产业研究与发展·模具》

编写人员

主　　编　武兵书

撰稿人　武兵书　李建军　蒋　鹏　刘春太　王敏杰　米永东
张　平　王　冲　李　悦　林建平　方建儒　赵　震
刘志兰　张　伟　宋满仓　赵丹阳　朱磊文　郑志镇

“中国战略性新兴产业研究与发展”

编委会办公室

主　　任　石　勇（兼）

副 主 任　李卫玲

成　　员　刘世博　任智惠　董　蕾　张珂玲　李　晶

序言

全球金融危机和经济衰退发生以来，美欧日俄等各国为应对危机、复苏经济、抢占未来发展的先机和制高点，都在重新审视发展战略，不断加快推进“再工业化”，培育发展以新能源、节能环保低碳、生物医药、新材料与高端制造、新一代信息网络、智能电网、海洋空天等技术为支撑的战略性新兴产业，在全球范围内构建以战略性新兴产业为主导的新产业体系。力图通过新一轮的技术革命引领，重新回归实体经济，创造新的经济增长点。这已成为很多国家摆脱危机、实现增长、提升综合国力的根本出路。可以预计，未来的二三十年将是世界大创新、大变革、大调整的历史时期，人类将进入一个以绿色、智能、可持续发展为特征的知识文明时代。那些更多掌握绿色、智能技术，主导战略性新兴产业发展方向的国家和民族将在未来全球竞争合作中占据主导地位，赢得全球竞争合作，共享持续繁荣进程中的主动权和优势地位。

为应对金融危机和全球性经济衰退以及日趋强化的能源、资源和生态环境约束，以实现中国经济社会的科学发展、和谐发展、持续发展，党中央、国务院提出加快调整产业结构、转变经济发展方式，加快培育和促进战略性新兴产业发展的方针，出台了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》以及相关政策举措。可以肯定，未来 5 ～ 10 年将是我国结构调整与改革创新发展的一个新的战略机遇期，将通过继续深化改革，扩大开放，提升自主创新能力，建设创新型国家，实现我国科技、产业、经济由大变强的历史性跨越，我国经济社会发展将走出一条依靠创新驱动，绿色智能，科学发展、和谐发展、持续发展之路，实现中华民族的伟大复兴。

展望未来，高端装备制造、新能源汽车、节能环保、新一代信息技术、生物医药、新能源、新材料、绿色运载工具、海洋空天、公共安全等全球战略性新兴产业将形成十数万亿美元规模的宏大产业，成为发展速度最快，采用高新技术最为密集，最具持续增长潜力的产业群落。战略性

新兴产业的发展需求也将拉动技术的创新突破和产业的结构调整，为包括我国在内的全球经济发展注入新的强大动力。

在世界各国高度重视培育和发展战略性新兴产业的新形势下，编写一套“中国战略性新兴产业研究与发展”图书，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对行业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行全面、系统研究，凝聚对战略性新兴产业内涵和发展重点的认识，为国家战略性新兴产业发展规划的顺利实施，以及政府和有关部门制定促进战略性新兴产业发展的相关政策和法规提供参考，具有十分重要的现实意义。

“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书对相应产业的阐述、分析均注重强调战略性新兴产业的六个主要特点：

一是**绿色**。战略性新兴产业属于能耗低、排放少、零部件可再生循环的“环保型”“绿色型”产业，无论从产品的设计、制造、使用，还是回收、再利用等整个生命周期的各个环节，对资源的利用效率与对环境的承载压力均要求达到最理想水平。

二是**智能**。新型工业化要求坚持以信息化带动工业化、以工业化促进信息化，即要实现“两化融合”。而“两化融合”决定了智能是未来产业尤其是战略性新兴产业的发展方向。所谓智能，是指制造过程的智能化、产品本身的智能化、服务方式的智能化。这些均是智能的最基本层次，它还具有其他更为丰富的内涵。如：智能电网，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，可实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和系统安全等方面的智能；智能汽车不只是安全智能，还包括节能、减排、故障预警等方面的智能。

三是**全球制造**。随着全球化趋势不断深化，战略性新兴产业的发展成果也必将是由全人类共创共享。新产品的研制开发，不再由一个企业独自完成，需要集成各方面优势资源共同解决。例如 iPhone 在中国完成装配，但它的设计、研发以及许多零部件的供应都是在美国、日本及欧洲各国实现的，其本身就是一个全球化的产品。因而，未来的制造必

然是全球化制造、网络化制造。

四是**满足个性化需求与为更多人分享相结合**。目前中国有 13 亿人口，印度有 12 亿人口，还有巴西、印度尼西亚等新兴国家、发展中国家也都要实现现代化。在全球如此规模庞大的人群中，既存在富裕阶层、高消费阶层，他们的消费需求是个性化、多样化的；又有占比较大的中产阶层、贫困人口，他们的消费需求是基本层次的，但也不能被忽视。两种类型的消费需求必须同时被满足，这不仅是构建和谐社会的需要，而且是构建和谐世界的需要。因此，我国发展战略性新兴产业，应该既要满足中高端个性化的需求，同时又要满足我国与其他发展中国家广大普通消费者的需求。要把个性化的设计、个性化的产品生产，与规模化、工业化的传统生产结合起来，不能完全抛弃传统的规模化生产方式。

五是**可持续**。要使有限的自然资源得以有效、可持续利用，发展利用可再生资源、能源，强调发展再制造、循环经济。无论是原材料使用，还是零部件制造，从研发、设计之初就考虑到了生产中的废料、使用后的遗骸的回收处置，使其能够重新得到循环利用。

六是**增值服务**。培育发展战略性新兴产业需要注意在设计制造过程中与产品售后、使用过程中提供相关增值服务。不应再局限于传统的观念，只注重制造本身，而不注重服务的价值。例如，发展电动汽车产业，必须首先解决好商业模式问题，包括充电桩建设、电池更换、废旧电池回收等服务方面，否则将无法广泛推广。

“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书内容丰富，资料翔实，观点鲜明，立意高远，并力求充分体现出“四性”，即科学性、前瞻性、指导性和基础性。

第一，体现**科学性**。所谓科学性，就是指以科学发展观为指导。科学发展观的核心是以人为本，总体目标是全面、协调、可持续，基本方法是统筹兼顾，符合客观规律。“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书既要能够为党中央、国务院提出的加快发展战略性新兴产业的总体战略服务，又不应受到行业、部门的局限，更不能写成规划或某些部门规划的解读材料，而应能够立足于事物客观规律、立足于全局。各分

册编写组同志重视调查、研究，力求对国情、科技、产业及全球相关产业的发展态势有比较准确的把握，努力为我国战略性新兴产业的发展提供一本基于科学基础的好素材。这套图书立足基于我国国情，而不是简单地把发达国家的相关产业信息进行综合、编译，照搬照抄。当然，我国发展战略性新兴产业不能“闭门造车”，而是要坚持开放性，积极参与国际分工合作，充分利用全球优势资源，提高发展的起点和水平。因而，有必要参照国际成功经验与最新发展趋势，但一定要以我国国情和产业特点为根本出发点，加快培育和发展有中国特色的、竞争能力强的战略性新兴产业。

第二，体现**前瞻性**。一是能够前瞻战略性新兴产业的发展，因为这套图书是战略性新兴产业的发展指导书。二是能够前瞻战略性新兴产业技术的发展。为了做好这两个前瞻，必须要适当地前瞻全球经济、我国经济与战略性新兴产业发展的趋势。只讲发展现状是不够的，因为关于现状的资料很多，通过简单地网络搜索即可查到；也不能只罗列国外的某些规划和发展战略。“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书的编写注重有深度的科学分析与前瞻性的研究。

第三，体现**指导性**。“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书本身就是指导书，能够对产业、对技术、对国家制定政策，甚至在未来国家发展战略与规划的制定等方面发挥一定的引导作用与影响。虽然不能说这套图书可以指导国家战略与规划的制定，但是应该努力发挥其积极的引导作用。

第四，体现**基础性**。所谓基础性，就是指要能够提供战略性新兴产业的基础信息、基础知识，以及我国和有关国家在相关产业发展方面的基本战略，主要的法规、政策和举措，并尽可能提供一些基本的技术路线图。比如在轴承分册，就描述了一个轴承产业发展的路线图。唯有如此，“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书才能满足原来立项的宗旨 —— 不仅要为工程技术界、大学教师、大学生与研究生提供学习参考书，为产业界的技术人员、管理人员提供决策参照，而且要为政府部门的政策法规制定者提供参考。

机械工业出版社是具有60多年历史的专业性综合型出版机构，改革开放后，随着市场经济的发展，机械工业出版社不断改革转型，不但形成了完善的编辑出版工作流程和质量保证体系，而且编辑人员作风严谨，工作创新。

“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书不仅是一套科技普及书，更是一套产业发展参考书，必须既要介绍国内外战略性新兴产业的发展情况，又要阐述相关政策、法规、扶植措施等内容。因此，这套图书的组编单位、编写负责人和编写工作人员必须要有相关积累和优势。“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书所选的分册主编和作者主要是精力充沛的业内中青年专家，并由资深专家负责相应的编审、校审工作。现在看来大多数工作由中青年同志担当，是完全符合实际的。此外，这套图书的编著还充分发挥了有关科研院所、行业学会和协会的作用，他们的优势在于对行业比较熟悉，并掌握了较为丰富的资料。

最后，特别感谢国家出版基金对“中国战略性新兴产业研究与发展”系列图书的大力支持！感谢全体编写出版人员的辛勤劳动！

期望“中国战略性新兴产业研究与发展”为社会各界了解战略性新兴产业提供帮助，期待中国战略性新兴产业培育和发展尽快取得重大突破，祝愿我国在不久的将来实现由经济大国向经济强国的历史性跨越！

是为序。

前言

“模具成形”技术（也称“等材制造”）由于具有高生产效率、高制件一致性和较高精度和复杂度，以及节能节材、低成本等优点，已成为现代社会国计民生主导产品，如汽车、电子电器、IT产品、包装品、建筑装饰材料、医疗器械等产品制造业中最主要的制造手段，是精密成形技术重要组成部分，也是目前“减材制造”“增材制造”“等材制造”三大制造技术中覆盖材料最广、加工数量最多的制造方法。随着新材料（高分子材料和复合材料等）和新工艺的研发和应用，“模具成形”技术将进一步应用到航空航天、轨道交通、新一代信息技术、新能源汽车等先进装备制造业中，全面发挥对战略性新兴产业发展的支撑保障作用。

模具是工业生产中重要的基础工艺装备，素有“工业之母”的称号，是一个国家的工业产品保持国际竞争力的重要保证之一，可以说，没有高水平的模具工业就没有高水平的制造业。同时，模具的设计、制造是一个技术密集、人才密集、资金密集的高技术产业，是衡量一个国家制造业水平高低的重要标志。现列属我国战略性新兴产业之“高端装备制造业”。

我国的现代模具工业虽然起步较晚，但在各级政府的密切关注和大力支持下发展迅速。通过改革开放后三十年的发展，我国的模具产业已从一个技术落后、布局分散的辅助性行业，快速发展成为门类基本齐全、体系较为完整的独立工业部门。到“十二五”末，我国模具行业从业人员接近100万人，产值达到2 100亿元，出口额超过50亿美元（按当年平均汇率折合人民币330亿元），连续5年稳居世界模具制造大国地位。我国的模具工业不仅保证了24万亿元（2014年数据，占当年工业增加值的80%）产品制造业的产品开发和正常生产，而且为战略性新兴产业的成长发展提供了有力支撑。

我国虽然已经成为世界模具制造大国和出口大国，但与国际模具发达国家的水平相比，我国模具工业在技术水平、经营管理模式和国际市场竞争力方面还存在较大差距，表现出整体上的“大而不强”。为了推动我国模具行业的创新发展，加快“由大转强”步伐，按照“中国战略性新兴产业研究与发展”编委会要求和具体指导，我们编写了《中国战略性新兴产业研究与发

展·模具》一书，期望她能起到进一步明确模具作为战略性新兴产业的合理性，为政府制定产业政策提供参考，为科研人员选择研发方向提供依据，为企业制定发展战略和投资决策提供指导的作用。

本书包括 9 章正文和 3 个附录，较系统地论证了模具工业在我国国民经济发展中的重要作用和战略地位，较全面地总结了改革开放以来我国模具工业“由小到大”的发展历程和取得的成就，较深入地分析了我国模具产业“由大转强”面临的国内外环境和挑战，初步提出了实现《中国制造 2025》提出的模具强国目标所需采取的措施、存在的风险和相应的政策建议。

本书编写过程中得到了中国模具工业协会、华中科技大学“材料成形与模具技术国家重点实验室”、北京机电研究所“精密成形国家工程研究中心”、上海交通大学“模具计算机辅助设计国家工程研究中心”、郑州大学“橡塑模具国家工程研究中心”“国家家电模具工程技术研究中心”、大连理工大学“模塑制品教育部工程研究中心”、全国模具标准化技术委员会以及一汽模具制造有限公司、山东豪迈科技股份有限公司、一汽铸造公司等单位的大力支持，在此一并表示感谢！对全体作者在本书编写过程给予的合作、支持表示感谢！同时，对编辑出版人员为本书的顺利出版付出的辛勤努力表示由衷的敬佩和诚挚的谢意！

《中国战略性新兴产业研究与发展·模具》一书涉及的用户行业多、学科知识面广、时间空间范围大、数据资料庞杂，客观上使编写难度加大。由于编写条件和编写人员水平所限，书中出现疏漏甚至错误在所难免，欢迎读者给予指正。

2017 年 11 月

编写说明

《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》确定了我国未来经济社会发展的战略重点和方向是战略性新兴产业，并且根据我国国情和科技、产业基础，又制定出现阶段重点发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车七大新兴产业。可见，未来几年七大战略性新兴产业将是国家重点支持、大力推广的产业。

为了使大家全面理解、准确把握、深刻领会国家这一战略决定的精神实质，了解其发展内涵，推动产业结构升级和经济发展方式转变，增强国际竞争优势，抢占新一轮经济和科技制高点，机械工业出版社在国家出版基金的支持下，组织各领域权威专家编写了一套“中国战略性新兴产业研究与发展”（以下简称“研究与发展”）图书。

“研究与发展”以国家相关发展政策和规划为基础，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对产业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行了全面、系统的研究；对前瞻性、基础性和目前产业上有瓶颈限制的问题提出了有针对性的对策。

“研究与发展”采用分期分批的出版方式陆续出版发行，第一期12个分册已于2013年年底完成出版，包括：太阳能、风能、生物质能、智能电网、新能源汽车、轨道交通、工程机械、水电设备、农业机械、数控机床、轴承和齿轮。本次出版第二期13个分册，包括：功能材料、物流仓储装备、紧固件、模具、内燃机、塑料机械、塑木复合材料、物联网、制冷空调、智能制造装备、非常规油气、中压开关和数据中心。今后根据国家产业政策要求及各行业的发展情况还将陆续推出其他分册。

为了出版好“研究与发展”，机械工业出版社成立了“中国战略性新兴产业研究与发展”编委会，全国人大常委会原副委员长路甬祥

担任编委会主任。路甬祥副委员长对该套图书的编写高度重视，亲自参加编委研讨会，多次提出重要指导意见。他从图书的定位、内容选材、作者队伍建设和运作流程等方面都给予了全面和具体的指导，并提出了“六个特点”和“四性”的具体要求，对每个分册的内容重点提出了具体的建议要求。

机械工业出版社还建立了完善的项目管理、编写组织、出版规范和网络支撑四个方面的工作体系来保证图书质量。各组编单位投入了大量的精力组织行业权威专家规划内容结构、研讨内容特色；参与图书编写的主创人员也不计报酬，自觉自愿地把自己的聪明才智和研究成果奉献给社会，奉献给国家。他们都担负着繁重的科研、教学、行业管理或生产任务，为了使此书能够早日与大家见面，他们不辞辛苦、加班加点，因为他们都有一个共同心愿 —— 帮助企业快速成长，使中国由大变强。

在此，衷心地感谢为此项工作付出大量心血的组编单位、各位专家、各位撰稿人、编辑出版及工作人员！

尽管我们做了大量工作，付出了巨大努力，但仍难免有疏漏或错误之处，敬请读者批评指正！

“中国战略性新兴产业研究与发展”编辑部

2016 年 3 月

目录 CONTENTS

序言

前言

编写说明

第 1 章　模具产业的重要性及其战略地位 …… 1

1.1　模具是工业生产的关键工艺装备 …… 2

1.1.1　模具成形（型）工艺流程 …… 3

1.1.2　模具分类 …… 9

1.1.3　模具结构 …… 15

1.1.4　典型模具 …… 21

1.2　模具产业是高端装备制造业的重要组成部分 …… 27

1.2.1　模具技术是精密成形技术的重要组成部分 …… 27

1.2.2　我国模具行业具备承担高端装备制造业的能力 …… 29

1.3　模具是产品制造业转型升级的重要支撑 …… 32

1.4　模具成形技术是战略性新兴产业发展的助推器 …… 33

1.5　我国模具产业“由大转强”的制约因素 …… 34

第 2 章　我国模具产业的发展现状 …… 35

2.1　建成了较完整的现代模具工业体系 …… 37

2.1.1　我国的模具技术研发体系 …… 37

2.1.2　国家级模具技术创新机构 …… 38

2.1.3　模具材料研发、生产及供应体系 …… 59

2.1.4　模具标准件的生产供应体系 …… 78

2.1.5　人才培训体系 …… 79

2.1.6 模具专业化生产体系 …… 80
2.2 我国模具产业得到快速发展 …… 81
2.2.1 制造业快速发展的市场拉动和各级政府产业政策支持 …… 81
2.2.2 数字化设计制造技术普及与提高 …… 82
2.2.3 模具数字化设计与制造技术发展趋势 …… 87
2.2.4 信息化技术开发与应用 …… 88
2.2.5 骨干企业队伍成长壮大 …… 92
2.2.6 产业聚集地的形成与发展 …… 94
2.2.7 人力资源开发为我国模具行业发展注入活力 …… 94
2.2.8 坚持转型升级，保持行业健康发展 …… 95
2.3 我国已经成为世界模具制造大国和出口大国 …… 96
2.3.1 21 世纪我国模具全面进入国际市场 …… 96
2.3.2 2010 年以来一直保持着模具制造大国和出口大国地位 …… 106
2.4 模具行业组织为我国模具的“由小到大”做出积极贡献 …… 108
2.4.1 中国模具工业协会发展概况 …… 108
2.4.2 各地方模具行业组织概况 …… 123
2.5 我国模具行业存在的主要问题 …… 124
2.5.1 模具设计制造的关键软硬件全部依赖国外 …… 124
2.5.2 模具大用户行业间模具供应能力不平衡 …… 125
2.5.3 面向模具制造的现代服务业发展相对滞后 …… 125
2.5.4 企业自主创新能力低，品牌影响力不够 …… 125

第 3 章 世界模具产业发展情况 …… 127
3.1 主要先进国家模具产业发展历程和特点 …… 128

3.1.1 美国模具产业 …… 128
3.1.2 日本模具产业 …… 131
3.1.3 德国模具产业 …… 134
3.1.4 意大利模具产业 …… 135
3.1.5 法国模具产业 …… 136
3.1.6 韩国模具产业 …… 137
3.1.7 加拿大模具产业 …… 138
3.2 国外进入我国模具市场情况 …… 139
3.3 国（境）外模具企业在我国投资建厂及其发展情况 …… 141

第 4 章 我国模具行业标准化现状与展望 …… 145
4.1 模具标准化工作基本情况 …… 146
4.1.1 我国模具标准化工作的发展历史（包括机构建设） …… 147
4.1.2 我国模具标准体系介绍 …… 150
4.1.3 我国模具标准目录 …… 151
4.2 模具标准化工作面临的形势和标准化需求分析 …… 162
4.3 “十三五”期间模具标准化工作发展思路和工作目标 …… 165
4.3.1 “十三五”期间模具标准研究重点 …… 166
4.3.2 “十三五”期间模具标准化工作重点 …… 166

第 5 章 我国模具产业发展环境分析 …… 177
5.1 我国模具产业发展机遇 …… 178
5.1.1 传统模具大用户行业的发展及转型升级为模具行业提供更大的发展空间 …… 178
5.1.2 新兴模具用户行业的发展为模具产业提供了潜在的市场机遇 …… 184

5.1.3 国际模具市场结构变化有利于我国模具在国际市场份额的增加 …… 187
5.2 我国模具行业“由大转强”面临的挑战 …… 189
5.2.1 进一步完善我国模具工业体系 …… 190
5.2.2 推动创新驱动发展，提高我国模具行业的竞争力 …… 191
5.2.3 加快“转型升级”步伐，提高中高端模具市场竞争力 …… 192
5.2.4 推动建立模具产业链协同发展的机制体制 …… 193
5.2.5 提高从业人员素质，加快高素质模具人才队伍建设 …… 194

第 6 章 我国模具产业发展战略和发展目标 …… 195
6.1 我国模具产业发展的指导思想 …… 196
6.2 我国模具产业发展目标 …… 196
6.3 我国模具产业重点发展方向 …… 197
6.3.1 技术发展方向 …… 197
6.3.2 标志性模具产品 …… 199
6.4 我国模具产业发展的重点任务 …… 201
6.4.1 建立国内外模具市场变化预警机制 …… 201
6.4.2 大力推进行业发展的创新驱动 …… 201
6.4.3 继续实施项目带动战略 …… 202
6.4.4 重点发展高技术含量、高附加值的中高档模具产品 …… 202
6.4.5 加强骨干企业的培育 …… 202
6.4.6 发展外贸，稳定模具出口增长 …… 202
6.4.7 加强人才队伍建设 …… 203

6.4.8 继续推进模具集群式生产方式的发展 …… 203
6.4.9 继续推动模具企业以模具制造技术为核心的产业链延伸 …… 203

第 7 章 我国模具产业发展的重点领域 …… 205
7.1 汽车制造业 …… 206
7.1.1 汽车车身冲压模具 …… 206
7.1.2 汽车塑料模具 —— 微发泡注塑模具 …… 212
7.1.3 汽车压铸模具 …… 219
7.1.4 汽车锻造模具 …… 222
7.1.5 汽车轮胎模具 …… 237
7.2 电子信息产业 …… 250
7.2.1 电子接插件（插接器）高速多工位级进冲压模具 …… 250
7.2.2 集成电路封装模具 …… 254
7.2.3 高像素（800 万以上）树脂镜片注塑模具 …… 258
7.2.4 LED 导光板、条注塑模具 …… 262
7.3 家用电器产业 …… 268
7.3.1 高光无痕注射模具 …… 268
7.3.2 多层旋转注射模具 …… 271
7.3.3 模内转印注射模具 …… 275
7.4 其他行业 …… 277
7.4.1 机械制造 —— 电动机铁心冲模 …… 277
7.4.2 机械制造 —— 空调换热器翅片高速多工位级进冲模 …… 281
7.4.3 航天服部件精密注射模具 …… 283
7.4.4 铝合金型材挤压模具 …… 289

7.4.5 医疗器械用模具 …… 292

第 8 章 我国模具产业发展措施 …… 301

8.1 推动行业创新驱动发展 …… 302

8.1.1 完善模具产业技术创新体系，提高技术创新能力 …… 302

8.1.2 推进体制机制创新环境建设 …… 307

8.2 加快推进模具产业结构调整和转型升级 …… 308

8.2.1 加快模具产业结构调整 …… 308

8.2.2 推进模具行业的转型升级 …… 308

8.3 加强品牌建设 …… 309

8.3.1 充分认识从技术、价格竞争到品牌竞争的意义及重要性 …… 309

8.3.2 加快推进从产品品牌到企业品牌的品牌建设 …… 309

8.4 完善标准化体系 …… 310

8.4.1 完善模具标准体系 …… 310

8.4.2 提高参与国际标准化工作的能力 …… 310

8.4.3 建立中国模具工业协会团体标准体系 …… 311

8.5 实施人才工程 …… 311

8.5.1 提高人才强国战略认识 …… 311

8.5.2 建设以行业需求为导向的模具人才开发体系 …… 312

第 9 章 我国模具产业发展风险分析和政策建议 …… 315

9.1 风险分析 …… 316

9.1.1 技术风险 …… 316

9.1.2 投资风险 …… 317

9.2 市场风险 …… 318

9.2.1 竞争风险 …… 318
9.2.2 技术风险 …… 319
9.3 政策风险 …… 319
9.3.1 支持行业技术研发体系建设 …… 319
9.3.2 鼓励和支持模具行业进一步开拓国际市场 …… 319
9.3.3 支持模具产业集聚区建设 …… 320
9.3.4 实施品牌战略，推动品牌建设 …… 320
9.3.5 持续实施人才战略 …… 320
9.3.6 充分发挥模具行业协会等社会组织的作用 …… 320

附录 …… 321
附录 A 我国模具产业技术发展路线图 …… 322
附录 B 工业和信息化部关于印发《机械基础零部件产业振兴实施方案》的通知 …… 342
附录 C 模具行业“十三五”发展指引纲要 …… 349

第 1 章

模具产业的重要性及其战略地位

模具是工业生产中重要的基础工艺装备，素有“工业之母”的称号。模具成形（型）是指材料在外力的作用下受模具约束并产生流动变形，从而得到所需的形状和尺寸的零部件或制品。模具成形（型）由于具有高生产效率、高一致性、低耗、低成本以及可以实现较高的精度和复杂程度等优点，已成为现代社会国计民生的主导产品，如汽车、电子电器、IT 产品、包装品、建筑装饰材料等产品制造业中最主要的制造手段，其中汽车、家电等产品 90% 以上的零部件由模具制造。模具制造的产品不仅已遍布我们的生活、生产和公共工程的各个角落。而且，随着新材料（高分子材料和复合材料等）和新工艺的研发和应用，模具的应用领域越来越广泛。可以说，涉及衣、食、住、行等民生工程的现代制造业的发展，很大程度上取决于模具工业的发展水平，没有高水平的模具工业就没有高水平的制造业。同时，模具的设计、制造是一个技术密集、人才密集、资金密集的高技术产业。因此，模具工业水平已经成为衡量一个国家制造业水平高低的重要标志之一，也是一个国家的工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。

1.1 模具是工业生产的关键工艺装备

模具成形（型）是现代产品制造业中最主要的加工工艺之一，而模具是其中重要的工艺装备。

我国目前通过模具成形（型）制造（也称等材制造）的金属制品约为 9 000 万 t，与切削加工（减材制造）的数量相当；而 7 000 万 t 左右的塑料制品和 600 万 t 的橡胶制品，几乎全部由模具成形（型）制造；3D 打印（增材制造）的产品总量目前不超过 10 万 t。2014—2016 年 3 种主要制造方法年加工数量见表 1-1。

表 1-1 2014—2016 年 3 种主要制造方法年加工数量

成形（型）方式	加工数量 / 万 t		
	金属材料	塑料 / 橡胶	其他材料
减材制造（切削加工 *）	9 000	50	50
等材制造（模具成形 *）	9 000	7 000/600	10
增材制造（3D 打印 *）	2	3	5

注：* 为主要成形（型）方式。

1.1.1 模具成形（型）工艺流程

模具成形（型）的基本工艺流程：原料（材料）→送料机构→成形机床（锻压机床、压铸机、塑料机械等）+ 模具 = 制品、制件、零部件。不同材料的模具成形工艺不尽相同。

1. 金属制品的模具成形（型）工艺

金属制品的模具成形（型）工艺主要有以下几种：

（1）铸造工艺　铸造生产是将加热熔化的金属（主要是钢、铁、非铁金属），在重力或外力（压力、离心力、电磁力等）的作用下通过浇（流）道，进入铸型（模具）型腔中并使其充满型腔，经冷却凝固成铸件（或零件）的一种金属成形方法。

压力铸造（简称压铸）是指将熔融合金在高压、高速条件下填充模具型腔，并在高压下冷却成形的铸造方法，是铸造工艺中应用最广、发展速度最快的金属热加工成形工艺方法之一。压铸是一种精密的铸造方法，压铸件的大部分表面不需再车削加工即可装配应用，从一般的照相机、打字机、电子计算器件及装饰品等小零件，到汽车、机车、飞机等交通工具的大型复杂零件都可用压铸法制造。压铸作为一种先进的有色合金精密零部件成形技术，适应了现代制造业中产品复杂化、精密化、轻量化、节能化、绿色化的要求，应用领域不断拓宽。压铸分热室压铸和冷室压铸。前者是将在金属池内熔化的液态、半液态金属通过压力的作用填充模具。其优点是循环速度快（每分钟可以完成 15 个循环），容易实现自动化运作，金属熔化的过程方便，适用于锌、锡以及铅的合金等低熔点合金小型铸件生产。冷室压铸是将在独立坩埚中熔化的金属按要求的数量转移到未被加热的注射室或注射嘴中，通过压力将其注入模具中。适用于各种尺寸的包括铝、镁、铜以及含铝量较高的锌合金的铸件生产。这种工艺的主要缺点是循环时间较长。

随着压铸件形状越来越复杂、尺寸越来越大，压铸模具的设计和制造技术要求越来越高。同时，由于压铸模要承受熔融金属的冲蚀和高频次的冷热冲击，模具的用材和处理成为压铸模具的关键制造技术。压铸模的使用寿命随压铸件的不同而有所差别，一般在 10 万～ 30 万模次。压铸生产线和压铸件分别如图 1-1、图 1-2 所示。

据中国铸造协会统计，2015 年我国生产各种铸件 4 560 万 t，其中铝（镁）铸件占 13.4%，超过 600 万 t。汽车制造所用铸件占 27.4%，达到 1 250 万 t。

图 1-1　压铸生产线

图 1-2　压铸件

2015 年我国各类材质铸件产量占比及各行业所用铸件占比如图 1-3、图 1-4 所示。

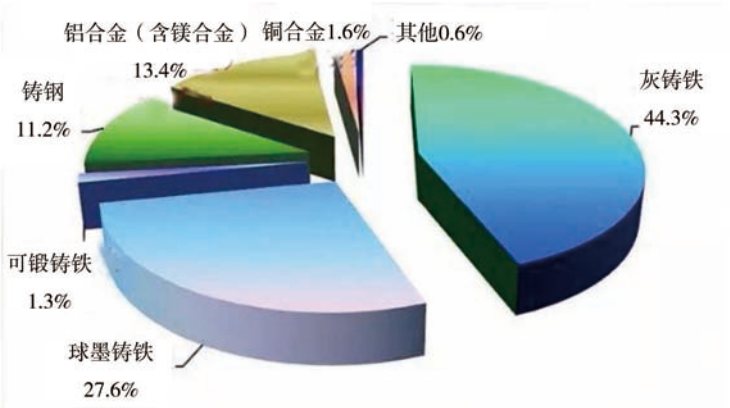


图 1-3　2015 年我国各类材质铸件占比

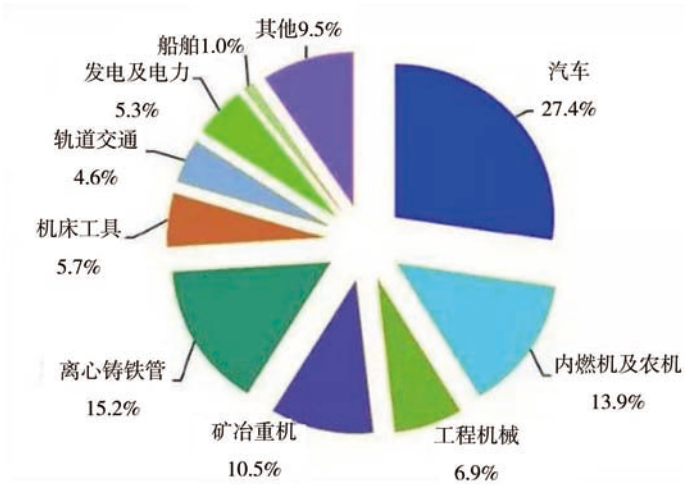


图 1-4　2015 年各行业铸件占比

（2）冲压工艺　冲压加工是利用金属塑性变形特性，通过冲压设备和模具对金属板料施加压力，使其产生塑性变形或分离，从而获得具有一定形状、尺寸和性能的零件（冲压件）的一种金属加工方法，是金属塑性加工的主要方法之一。

冲压加工是借助于冲压设备的动力，使板料在模具里直接受到变形力并进行变形，从而获得一定形状、尺寸和性能的产品零件的生产技术。因此，板料、模具和设备是冲压加工的三要素。

冲压加工具有生产效率高（压力机的行程次数从每分钟几十次到数千次，多工位级进冲压可把数十个冲压工步集成在一副模具上），冲压件的尺寸与形状精度高且一致性好，可加工冲压件的尺寸范围大、复杂程度较高，材料利用率高且易于实现自动化生产的优越性，因此，广泛应用在航空航天、军工、汽车、电子电器、信息产业、轨道交通、医疗器具、家用电器及轻工等国民经济各个领域。我国目前有5 000万t左右的金属板材通过冲压加工成数千亿件冲压件或零部件。

按工艺分类，冲压可分为分离工序和成形工序两大类。分离工序也称冲裁，其目的是使冲压件沿一定轮廓线从板料上分离，同时保证分离断面的质量要求。成形工序的目的是使板料在不破坏的条件下发生塑性变形，制成所需形状和尺寸的工件。冲裁、弯曲、剪切、拉深、胀形、旋压、矫正是几种主要的冲压工艺。在实际生产中，常常是多种工序综合应用于一个工件。

按冲压加工温度分为热冲压和冷冲压。前者适合变形抗力高、塑性较差的板料加工；后者则在室温下进行，是薄板常用的冲压方法。

汽车覆盖件自动化冲压生产线如图1-5所示。汽车车身部分冲压件如图1-6所示。

图1-5　汽车覆盖件自动冲压生产线　　图1-6　汽车车身部分冲压件

（3）锻造工艺　锻造（模锻）是利用锻压机械和模具对金属坯料施加压力，使其产生塑性变形并充满模膛，以获得具有一定力学性能、一定形状和尺寸锻件

的加工方法。模锻工艺一般由制坯、预锻、终锻、冲孔、切边工序组成。根据模锻时坯料的温度，又分为热锻、温锻和冷锻。

热锻时，坯料加热到 950 ～ 1 200℃，大大降低了材料的变形抗力，使得许多高强度合金钢零件（如内燃机连杆、曲轴，汽车转向节，大功率汽轮机叶片，钛合金涡轮盘等复杂锻件）的成形成为可能。冷、温锻工艺由于在室温或中等温度下成形，锻件的精度和表面质量大大提高，可以实现复杂零件（如某些汽车齿轮）工作部位的近净成形。因此，模锻工艺广泛用于汽车、航空航天、电站设备和军工产品的制造中。

由于模锻工艺在高温、高压下进行，对模具的强韧度（特别是高温强韧性）要求很高，因此模具寿命一般在 10 万件以内。

据中国锻压协会统计，2015 年我国共生产锻件 1 005 万 t，其中模锻件占 60%，达到 600 万 t。模锻件中，用于汽车制造的锻件为 420 万 t，占模锻件总量的 70%。

63MN 扭模锻压力机为主机的锻造生产线如图 1-7 所示。汽车转向节锻件如图 1-8 所示。

图 1-7　63MN 热模锻压力机为主机的锻造生产线

图 1-8　汽车转向节锻件

（4）挤压工艺　金属挤压加工是利用金属挤压机使金属锭坯产生塑性变形，并通过模具加工成管、棒、复杂断面型材或零件的加工方法。根据挤压时金属坯料的温度，又分为热挤压和冷挤压。

挤压加工工艺应用之一是金属零件的成形，大部分情况下是在室温下通过通用或专用压力机和模具，使金属坯料产生塑性变形而成形为零件。零件的挤压有冷挤压和热挤压两种工艺，前者主要用于挤压小型精密轴销类金属零件，后者可用于中大型管、筒、轴类零件的成形加工。

挤压加工工艺应用之二是金属型材的加工，其中以铝合金型材为主。2015年我国铝型材产量约为2 500万t。

铝合金型材挤压生产线如图1-9所示。挤压铝合金型材(断面)如图1-10所示。

图 1-9　铝合金型材挤压生产线

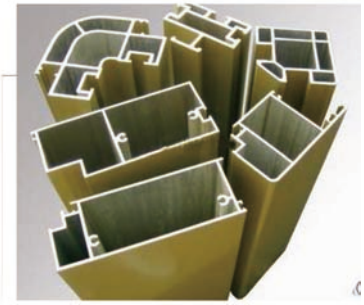


图 1-10　挤压铝合金型材（断面）

2. 塑料制品的模具成形（型）工艺

塑料制品的模具成形（型）工艺主要有：

（1）注射成型　又称注射模塑成型，是在一定温度下，通过注射机螺杆搅拌完全熔融的塑料材料，并将其高压射入模具模膛，经模具内冷却固化得到成型制品的加工方法。该方法的特点是生产效率高，操作可实现自动化，可生产各种花色品种、各种形状和各种尺寸的制件，而且制品尺寸精确、品质好。特别适用于大量生产与形状复杂产品等成型加工。注射机及注射用模具如图1-11、图1-12所示。

图 1-11　注射机

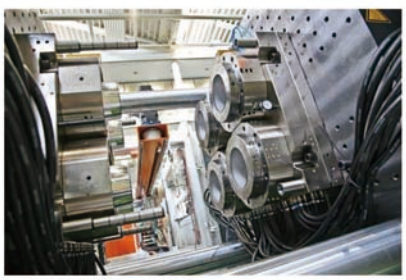


图 1-12　安装在注射机上的模具

（2）吹塑成型　也称吹塑模塑，是借助于气体压力使闭合在模具中的热熔型坯吹胀形成中空制品的方法，也是最常用的塑料加工方法。热塑性树脂经挤出或注射成型得到的管状塑料型坯，加热到软化状态（或利用制坯温度），置于对开模中，模具闭合后即向型坯内通入压缩空气，使塑料型坯吹胀而紧贴在模具内

壁上，经冷却脱模，即得到各种中空制品。吹塑用的模具只有阴模 （ 凹模 ），与注射成型相比，设备造价较低，适应性较强，可成型性能好 （ 如低应力 ）、可成型具有复杂起伏曲线 （ 形状 ） 的制品。吹塑制品主要有瓶、桶、罐、箱以及所有包装食品、饮料、化妆品、药品和日用品的容器以及各种工业品包装容器或零部件，如用于化工产品、润滑剂和散装材料的大型吹塑容器、汽车燃油箱、轿车减振器、座椅靠背、头枕覆盖层等。机械、家具、玩具等制造中也大量使用吹塑零件。三维吹瓶机如图1-13所示。吹塑成型的汽车燃油箱总成如图1-14所示。

图 1-13　三维吹瓶机

图 1-14　吹塑成型的汽车燃油箱总成

（3）吸塑成型　又叫真空成型，利用吸塑成型机将加热软化的塑料硬片吸附于模具表面，在模具内冷却后形成凹凸形状的塑料制品。该方法所用的设备较简单，模具承压较小，成型速度快。

（4）挤塑成型　又称挤出成型，是热塑性塑料成型的重要方法之一。挤塑成型是将塑料原料加热，使之呈黏流状态，在加压的作用下，通过挤塑模具而成为截面与口模形状相仿的连续体，然后进行冷却定型为玻璃态，经切割而得到具有一定几何形状和尺寸的塑料制品。可制取管、筒、棒、中空板、膜、片、异型材、电线等塑料制品。

2015年，我国塑料制品的产量约为7 500万t，其中注射制品约为4 300万t。

3. 其他制品的模具成形（型）工艺

其他制品的模具成形（型）工艺主要有以下4种：

（1）橡胶制品成形　首先，通过各种加工手段，使得弹性的橡胶变成具有塑性的塑炼胶，再加入各种配合剂制成半成品，然后放入模具进行硫化，从而使具有塑性的半成品又变成弹性高、力学性能好的橡胶制品。

（2）玻璃制品成型　通常的工艺是将玻璃融化，通过模具成型。工艺之一是将玻璃熔液放入模具中，通过施加一定的外力进行成型；其二是在模具中叠放玻璃碎料，并一起放进熔炉中进行熔化，待玻璃与模具完全吻合后实现成型；其三是将切割成一定形状的玻璃块或平板玻璃覆盖在模具上，送入窑炉中加热成型。

某些玻璃制品也可通过简单工具人工成型。

（3）陶瓷制品成型　陶瓷制品制造流程：制坯→干燥→施釉→烧成。制坯方法主要有：可塑成型（坯料中加水和添加剂形成可塑性后，通过模具挤压、热压注或通过辊压、旋压、车削制成坯）、注浆成型（将浆料注入石膏或树脂等模具中进行制坯）和压制成型（将含水和添加剂的粉料加压进行成型制坯，如等静压法）。

（4）粉末冶金制品　粉末冶金是制取金属粉末或用金属粉末（或金属粉末与非金属粉末的混合物）作为原料，经过成形和烧结，制取金属材料、复合材料以及各种类型制品的工业技术。粉末冶金技术具备显著节能、省材、性能优异、产品精度高且稳定性好等一系列优点，非常适合于大批量生产。目前，粉末冶金技术已被广泛应用于交通、机械、电子、航空航天、兵器、生物、新能源、信息和核工业等领域，成为新材料科学中最具发展活力的分支之一。另外，部分用传统铸造方法和机械加工方法无法制备的材料和复杂零件也可用粉末冶金技术制造，因而备受工业界的重视。

1.1.2　模具分类

按照材料或零部件（制品）的成形工艺不同，模具可以分为冲压模具、铸造模具（含压铸模具）、锻造模具、挤压模具、注射模具、拉丝模具、玻璃成型模具、橡胶成形模具和粉末冶金模具等。随着成形工艺的发展和融合以及新材料的应用，新的成形工艺不断出现，如汽车（超）高强钢板热冲压工艺、压铸挤压工艺等，因此，根据成形工艺进行的模具分类也将不断补充和完善。

最近制定的“模具 术语”国家标准中对模具的定义：将材料成形（成型）为具有特定形状与尺寸的制品、制件的工艺装备。包括：冲模、塑料模、压铸模、锻模、粉末冶金模、拉制模、挤压模、辊压模、玻璃模、橡胶模、陶瓷模、铸造模等类型。模具分类与模具零部件及机构见表 1-2。

表 1-2　模具分类与模具零部件及机构

模具名称	二级模具名称（按主要功能结构分类）	三级模具名称（按结构分类）	模具主要零部件及机构
冲模	冲裁模		后侧导柱模架、对角导柱模架、中间导柱模架、四导柱模架、精密冲裁模架、滑动导向模架、滚动导向模架、模具零件、凸模、凹模，定位零件、导向零件、压料零件、卸料零件、斜楔机构、排屑机构、安全检测及防护机构
	精冲模		
	切断模		
	修边模		
	卷边模		
	拉深模		
	胀形模		
	翻边模		
	复合模		
	级进模		
	传递模		
	热冲压模		
	多功能冲模		
	校平模		
	微成形模		
塑料模	塑料注射模	热塑性塑料注射模	注射模模架、抽芯机构、侧型芯滑块、推出机构、浇注系统、热流道、温控系统、冷却通道
		热固性塑料注射模	
		立式注射模	
		卧式注射模	
		无流道注射模	
		热流道注射模	
		绝热流道注射模	
		气体辅助注射模	
		水辅助注射模	
		多组分注射模	
		微孔发泡注射模	
		塑料封装模	
		叠层注射模	
	塑料压缩模	半固定式压缩模	
	塑料压注模（传递模）	管材挤出模	
	塑料挤出模	棒材挤出模	模头、模头体、口模座、定型模、真空腔、真空槽
		板材挤出模	
		片材挤出模	
		薄膜挤出模	
		平面薄膜挤出模	
		吹塑薄膜挤出模	

（续）

模具名称	二级模具名称（按主要功能结构分类）	三级模具名称（按结构分类）	模具主要零部件及机构
塑料模	塑料挤出模	异型材挤出模	模头、模头体、口模座、定型模、真空腔、真空槽
		线缆包覆挤出模	
		共挤挤出模	
		挤出压花模	
		发泡挤出模	
		复合挤出模	
	塑料吹塑模	挤出吹塑模	
		注射吹塑模	
		拉伸吹塑模	
		单层吹塑模	
		多层吹塑模	
		整体式吹塑模	
		组合式吹塑模	
		三维吹塑模	
	塑料发泡模	高发泡成型模	
		低发泡成型模	
压铸模	热室压铸机用压铸模		整体压室、定（动）模块、活动型芯、成形推杆、排气系统、冷却系统
	冷室压铸机用压铸模		
	立式压铸机用压铸模		
	卧式压铸机用压铸模		
锻模	热锻模		导柱式模架、导轨式模架、模座、导向装置、凸模体、凹模体、推出器、飞边槽
	温锻模		
	冷锻模		
	锤锻模		
	机锻模	预锻模	
		终锻模	
	螺旋压力机锻模		
	液压机锻模		
	平锻模		
	辊锻模		
	楔横轧模		
	开式锻模		
	闭式锻模		
	切边模		
	精压模		
	校正模		
	压印模		

（续）

模具名称	二级模具名称（按主要功能结构分类）	三级模具名称（按结构分类）	模具主要零部件及机构
粉末冶金模	压制模	单向压制模	模架、复合模架、凸（凹）模、包套、压垫、芯棒座、脱模器
		双向压制模	
		浮动压制模	
		摩擦压制模	
		冷压模	
		热压模	
	等静压模	干袋冷等静压模	
		湿袋冷等静压模	
		金属热等静压模	
		非金属热等静压模	
	粉末注射模		
	粉末挤压模		
拉制模	钢质拉制模		
	硬质合金拉制模		
	金刚石拉制模	天然金刚石拉制模	
		人造金刚石拉制模	
		聚晶金刚石拉制模	
		单晶金刚石拉制模	
	陶瓷拉制模		
	线材拉制模		
	棒材拉制模		
	管材拉制模		
	异形拉制模		
	组合式拉制模		
挤压模	冷挤压模		（上下）模座、凸（凹）模、凸（凹）模定位圈、凸（凹）模固定圈、芯模（上模）、分流模凹模、芯头
	热挤压模		
	正挤压模		
	反挤压模		
	正反复合挤压模		
	径向挤压模		
	镦挤复合模		
	平模		
	锥模		
	型材挤压模	实心型材挤压模	
		空心型材挤压模	
	组合式挤压模		

（续）

模具名称	二级模具名称（按主要功能结构分类）	三级模具名称（按结构分类）	模具主要零部件及机构
挤压模	分流模		（上下）模座、凸（凹）模、凸（凹）模定位圈、凸（凹）模固定圈、芯模（上模）、分流模凹模、芯头
	桥式模		
	异形孔挤压模		
	变截面型材挤压模		
	宽展导流模		
	多孔型材挤压模		
辊压模	辊冲模	切刀辊模	辊冲模模架、辊座、调整斜楔、送料辊、压辊、托辊、整形辊
		压形辊模	
		刺孔辊模	
		切口辊模	
		压实辊模	
		复合辊模	
		橡胶辊模	
	辊弯模	辊压成形模	
玻璃模	瓶罐模		闷头，初模、成模，冲头，冷却器，吹气头，真空阀，底模，配气板，钢化炉 DBO 凸模、钢化炉 CPB 压模，定（动）模
	器皿模	玻璃热成型模	
		玻璃拉制模	
		玻璃压制模	
		玻璃吹制模	
		离心模	
		压延模	
橡胶模	硫化橡胶模		橡胶挤出模：中模、上（下）中模 轮胎模：模壳、上盖、底座、定中环、导环、T型块、花纹块、钢令圈、气孔套、保温套
	热塑性橡胶模		
	液体橡胶模		
	乳胶模	乳胶浸渍模	
		乳胶压出模	
	橡胶压缩模		
	橡胶压注模（传递模）		
	橡胶注射模	单分型面注射模	
		双分型面注射模	
	橡胶挤出模	直通式挤出模	
		角式挤出模	
		辊筒挤出模	
		剪切挤出模	

（续）

模具名称	二级模具名称（按主要功能结构分类）	三级模具名称（按结构分类）	模具主要零部件及机构
橡胶模	轮胎模	轮胎活络模	橡胶挤出模：中模、上（下）中模 轮胎模：模壳、上盖、底座、定中环、导环、T型块、花纹块、钢令圈、气孔套、保温套
		圆锥面活络模	
		斜平面活络模	
		多片模	
		两半轮胎模	
		蒸锅式轮胎模	
		热板式轮胎模	
		轮胎成型鼓模（成型机头）	
陶瓷模	可塑成形模	滚压成形模	滚压凸模、滚压凹模、侧型腔板
		挤出成形模	
	注浆成形模		
	压制成形模		
	等静压成形模		
	石膏模		
	多孔模		
铸造模	金属型铸造模	低压铸造模	
		差压铸造模	
		重力铸造模	
		挤压铸造模	
		离心铸造模	
	木型铸造模		
	砂型铸造模		砂芯铸造模上（下）模、砂芯铸造模定（动）模
	砂芯铸造模（芯盒）	热砂芯铸造模	
		冷砂芯铸造模	
	蜡型铸造模		
	树脂型铸造模（消失模）		
	石膏型铸造模		
	陶瓷型铸造模		

根据模具用户的行业特点，又可分为汽车模具、家电模具、电子模具等，也称产业模具。其中汽车制造所用的模具类型最多，汽车模具几乎涵盖了目前技术分类中所有的模具类型。

1.1.3 模具结构

模具一般由上模、下模（上模、下模也称凸模、凹模或动模、定模）、模具标准件〔模架、顶杆、推管、热流道、（氮气）弹簧等〕和其他模具零部件组成。上模、下模是实现制件（制品）形状和精度的主要工作部分，其他模具零部件（包括模具标准件）的作用是保证上模、下模的定位精度、运动精度，并配合上、下模顺利完成送料、合模、成形、开模、出件等模具成形的全过程。通常情况下，驱动模具各运动部件动作的动力由成形机床提供，而现代大型复杂模具往往需要配备独立的动力系统，才能完成诸如多向抽芯、电动脱模、多料注射模具旋转等复杂动作，加之许多大型模具还同时配备有加热冷却控制系统，因此，这类模具本身就是一台（套）完整的制造装备。

（1）金属板材冲模结构　落料模结构如图 1-15 所示。弯曲模结构如图 1-16 所示。拉深模结构如图 1-17 所示。级进模结构如图 1-18 所示。

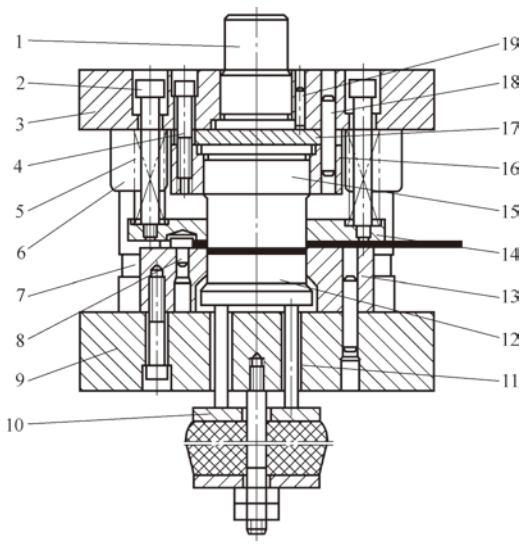


图 1-15　落料模结构

1—模柄　2—卸料螺钉　3—上模座　4—内六角螺钉　5—弹簧　6—导套
7—导柱　8—挡料销　9—下模座　10—托板　11—推杆　12—推件块
13—凹模　14—卸料板　15—凸模　16—凸模固定板　17—垫板　18、19—圆柱销

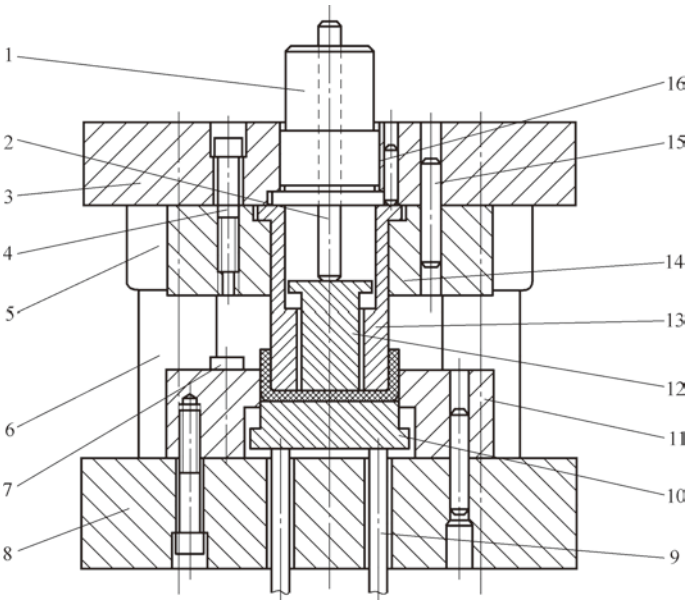


图 1-16　弯曲模结构

1—模柄　2—打杆　3—上模座　4—内六角螺钉　5—导套　6—导柱　7—挡料销　8—下模座
9—推杆　10、12—推件块　11—凹模　13—凸模　14—凸模固定板　15、16—圆柱销

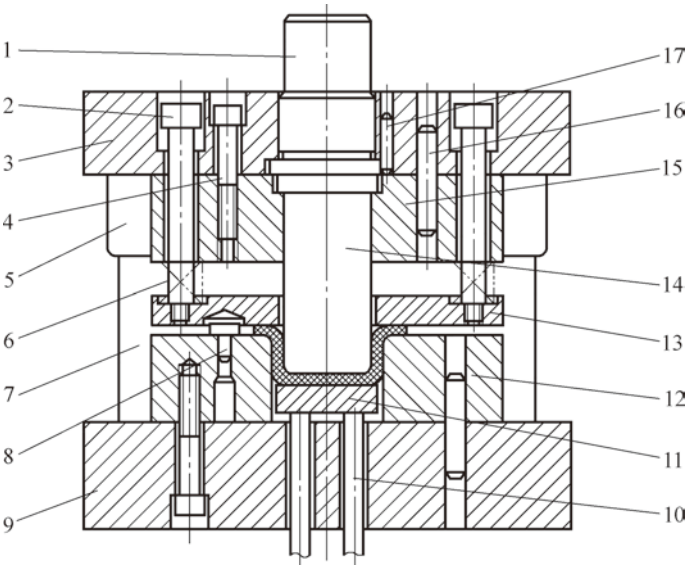


图 1-17　拉深模结构

1—模柄　2—卸料螺钉　3—上模座　4—内六角螺钉　5—导套
6—弹簧　7—导柱　8—挡料销　9—下模座　10—推杆　11—推件块
12—凹模　13—卸料板　14—凸模　15—凸模固定板　16、17—圆柱销

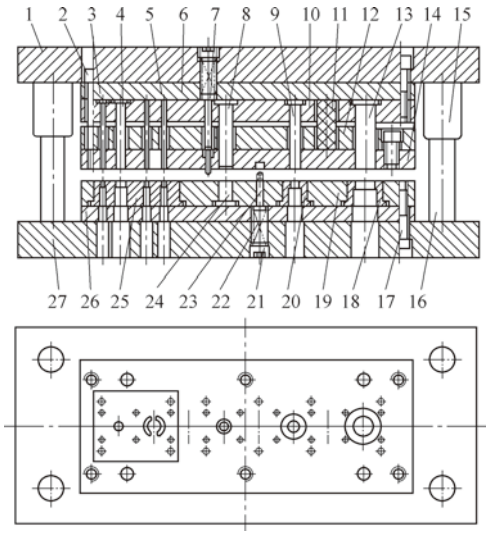


图 1-18　级进模结构

1—上模座　2—卸料螺钉　3—冲导正孔凸模　4—冲预孔凸模　5—切口凸模　6—垫板　7—导正销　8—压印凸模　9—冲孔凸模　10—凸模固定板　11—橡胶弹性体　12—垫板　13—落料凸模　14—弹性卸料板　15—导套　16—导柱　17—内六角螺钉　18—落料凹模　19—凹模固定板　20—冲孔凹模　21—螺塞　22—弹簧　23—抬料销　24—压印凹模　25—凹模镶件　26—垫板　27—下模座

（2）塑料注射模结构　塑料注射模结构如图 1-19 所示。

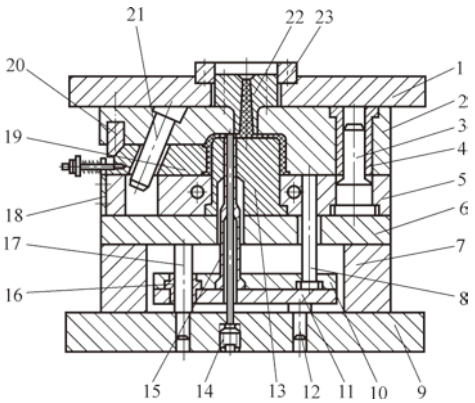
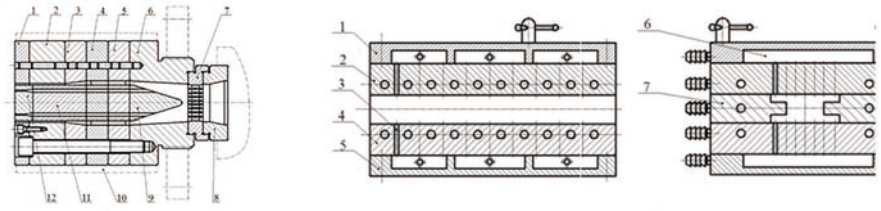


图 1-19　塑料注射模结构

1—定模座板　2—型腔板　3—带肩导柱　4—带头导套　5—型芯固定板　6—支承板　7—垫块　8—复位杆　9—动模座板　10—推杆固定板　11—推板　12—限位钉　13、14—型芯　15—推管　16—推板导套　17—推板导柱　18—限位块　19—侧型芯滑块　20—楔紧块　21—斜导柱　22—浇口套　23—定位圈

（3）塑料挤出模结构　塑料挤出模结构如图 1-20 所示。



a）

1—口模　2—预成型板　3—压缩板
4、5—分流支架　6—机颈　7—多孔板
8—定位套　9—分流锥　10—加热板
11—芯棒　12—镶件

b）

1、5—盖板　2、4、7—型板
3—真空槽　6—真空腔

图 1-20　塑料挤出模结构

a）模头　b）定型模

（4）塑料吹塑模结构　塑料吹塑模结构如图 1-21 所示。

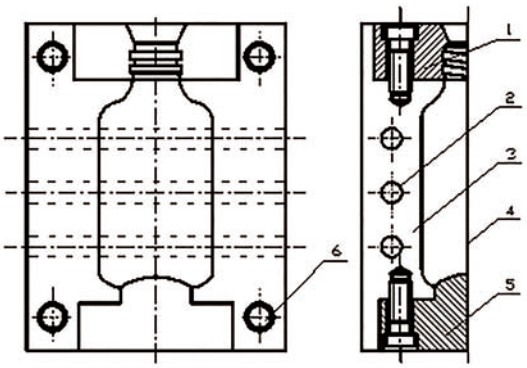


图 1-21　塑料吹塑模结构

1—颈部镶件　2—冷却通道　3—型腔　4—分型面　5—底部镶件　6—导柱

（5）塑料发泡模结构　塑料发泡模结构如图 1-22 所示。

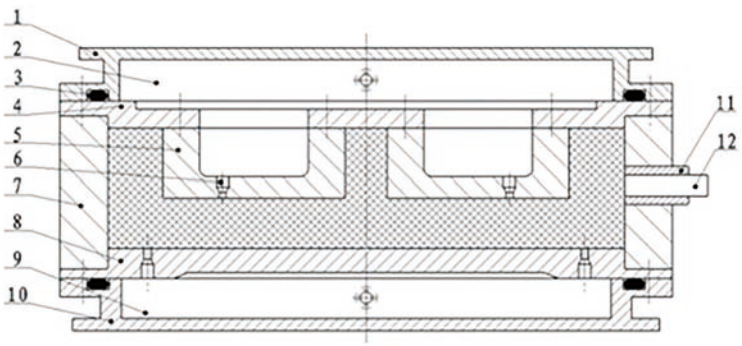


图 1-22　塑料发泡模结构

1—上蒸汽室盖板　2—上蒸汽室　3—蒸汽密封垫　4—上模型腔板　5—型芯　6—蒸汽孔
7—侧型腔板　8—下模型腔板　9—下蒸汽室　10—下蒸汽室盖板　11—进料管　12—料塞

（6）压铸模结构　压铸模结构如图 1-23 所示。

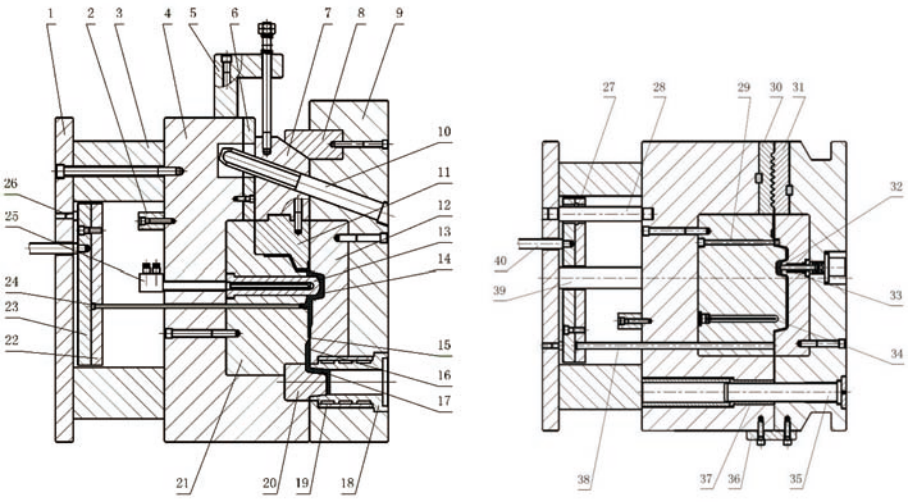


图 1-23　压铸模结构

a）纵向剖视图　b）横向剖视图

1—动模座板　2—推板限位块　3—垫块　4—动模套板　5—滑块限位块　6—滑块导板　7—滑块　8—楔紧块　9—定模套板　10—斜导柱　11—活动型芯　12—定模块　13—镶件　14—型腔　15—浇口　16—横流道　17—直浇道　18—浇口套　19—冷却环　20—导流块　21—动模块　22—推杆固定板　23—推板　24—推杆　25—点冷却器　26—限位钉　27—推板导套　28—推板导柱　29—型芯　30—动模排气板　31—定模排气板　32—挤压销　33—挤压销套　34—隔板　35—导柱　36—锁扣　37—导套　38—复位杆　39—支承柱　40—推板连接杆

（7）粉末冶金模结构　粉末冶金模结构如图 1-24 所示。

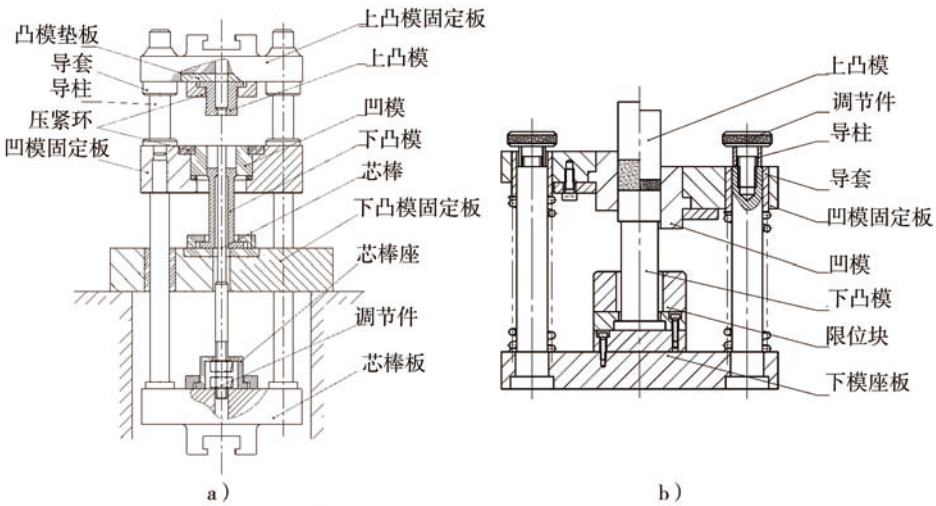


图 1-24　粉末冶金结构

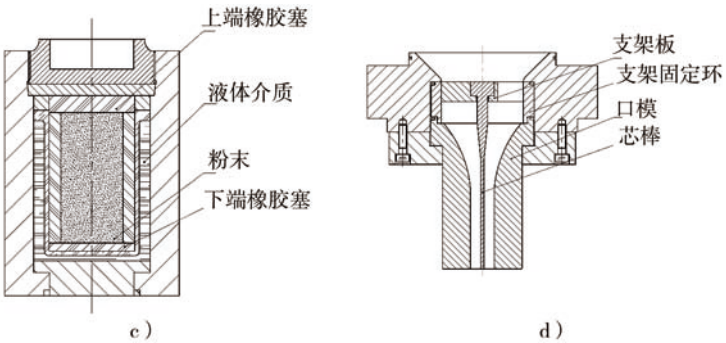


图 1-24　粉末冶金结构（续）

a）压制模　b）浮动压制模　c）干袋冷等静压模　d）粉末挤压模

（8）拉制模结构　整体式拉制模如图 1-25 所示。组合式拉制模结构如图 1-26 所示。

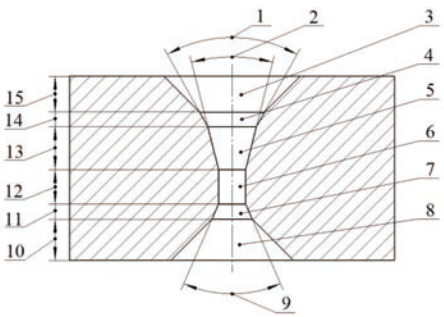
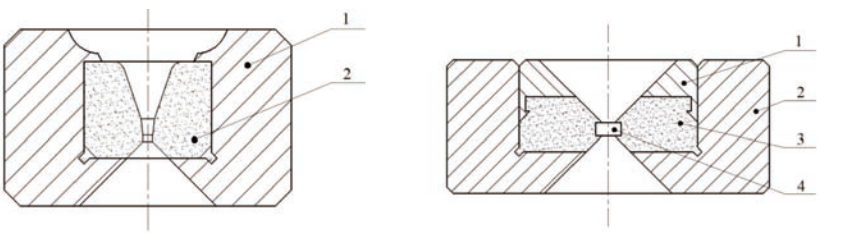


图 1-25　整体式拉制模

1—润滑角　2—压缩角　3—入口区　4—润滑区　5—压缩区　6—定径区　7—减压区　8—出口区　9—减压角　10—出口区长度　11—减压区长度　12—定径区长度　13—压缩区长度　14—润滑区长度　15—入口区长度



1—模套　2—模芯　　1—模盖　2—模套　3—粉体材料　4—模芯

图 1-26　组合式拉制模结构

a）硬质合金组合式拉制模　b）金刚石组合式拉制模

（9）挤压模结构　通用反挤压模结构如图 1-27 所示。型材挤压分流模结构如图 1-28 所示。

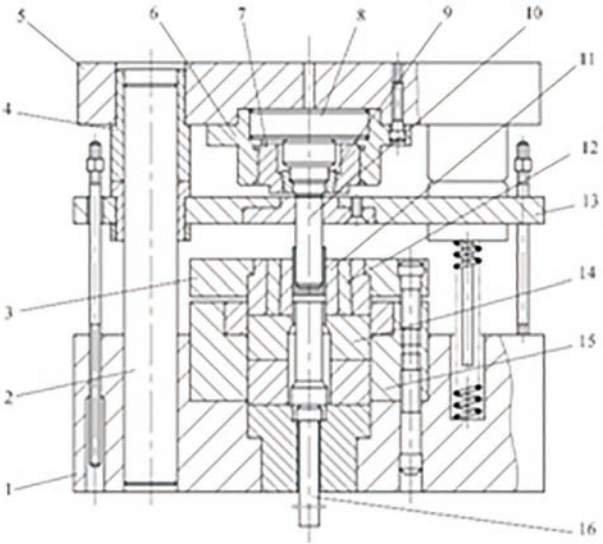


图 1-27　通用反挤压模结构

1—下模座　2—导柱　3—凹模固定圈　4—导套　5—上模座　6-- 凸模座
7—凸模固定圈　8—垫块　9—凸模定位圈　10—凸模　11—凹模
12—预应力圈　13—卸料板　14—垫板　15—凹模定位圈　16—推杆

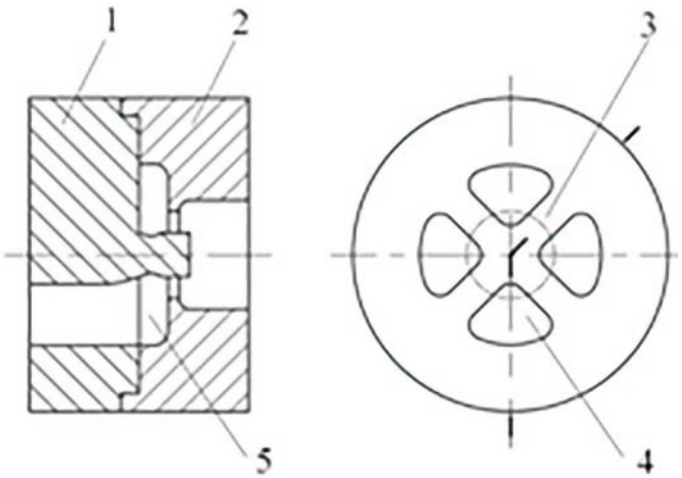


图 1-28　型材挤压分流模结构

1—芯模　2—分流模凹模　3—分流桥　4—分流孔　5—焊合室

1.1.4　典型模具

（1）冲模　如图 1-29 至图 1-34 所示。

图 1-29　汽车侧围自动线模具

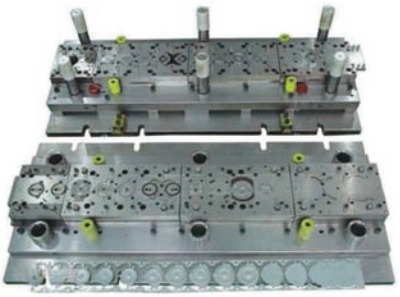


图 1-30　电机铁心多工位级进模

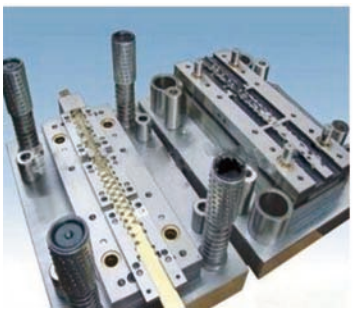


图 1-31　电子插接器级进冲模

图 1-32　空调器翅片冲模

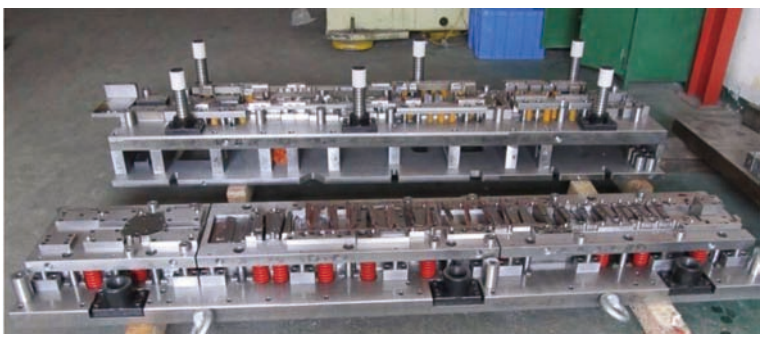


图 1-33　结构件多工位级进模

图 1-34　安装在压力机上的精冲模具和典型的精冲件

（2）塑料模具　如图 1-35 至图 1-44 所示。

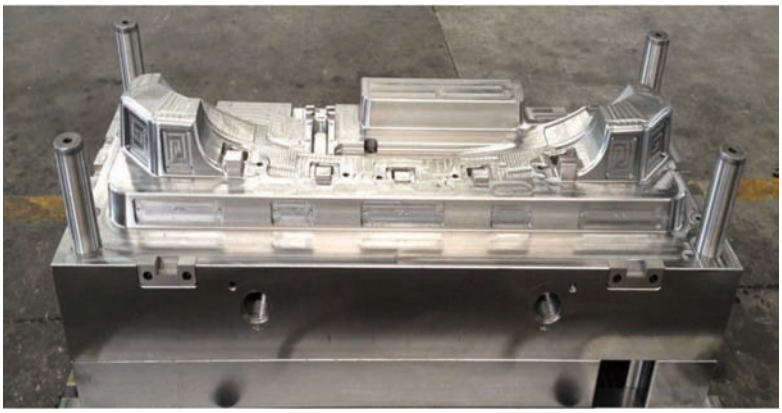


图 1-35　汽车保险杠注射模具

图 1-36　PET 瓶坯注射模具

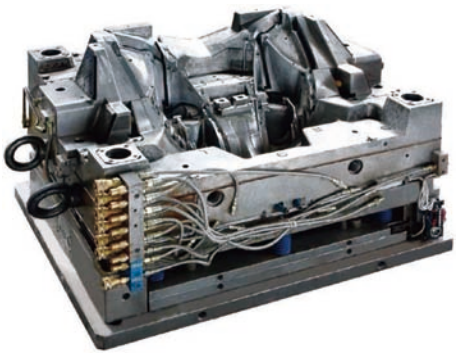


图 1-37　车灯注射模

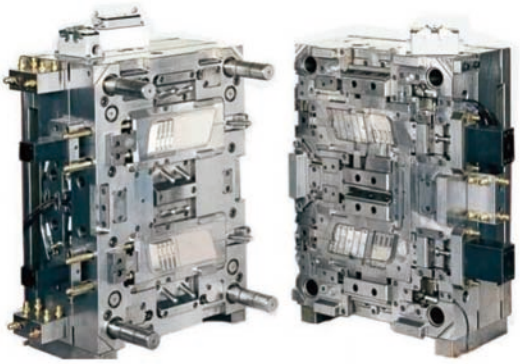
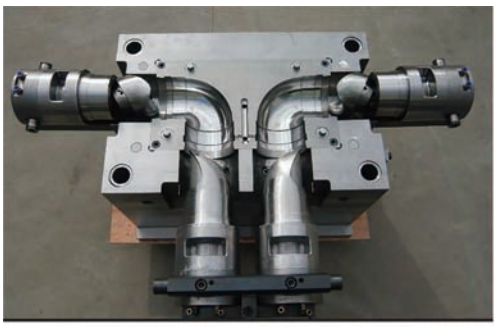
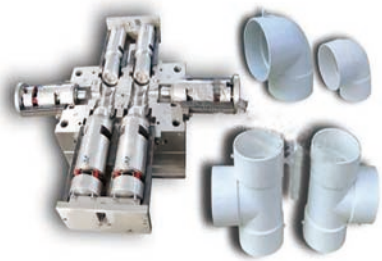


图 1-38　双色注射模

图 1-39　双色注射模浇口





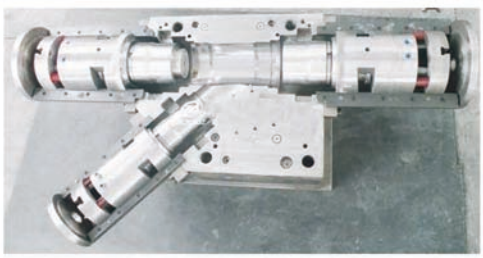


图 1-40　塑料管件注射模具

图 1-41　液体瓶吹塑模

图 1-42　大型容器吹塑模

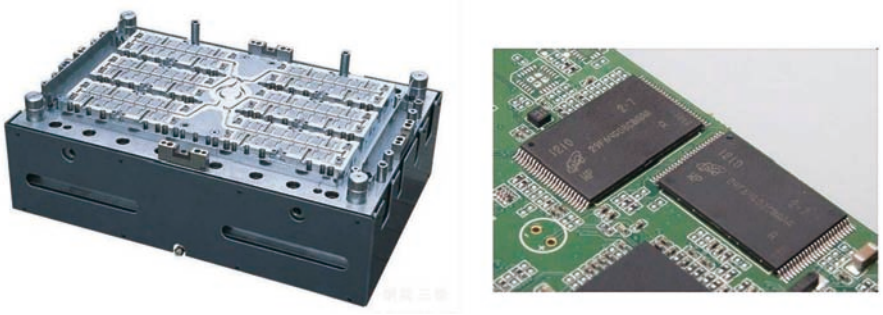


图 1-43　集成电路塑封模具

图 1-44　塑料片材挤出模具

（3）压铸模　如图 1-45 所示。

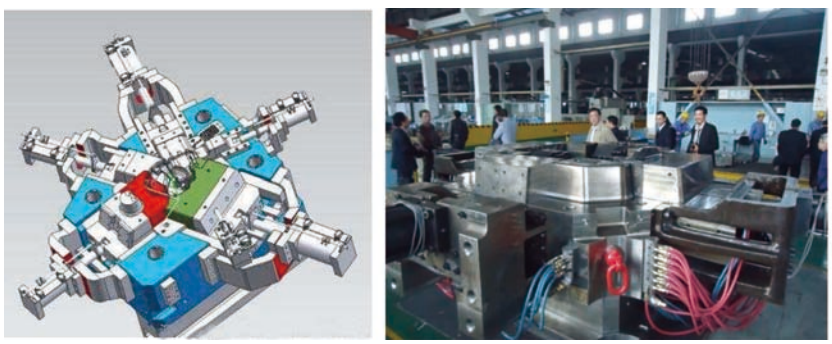


图 1-45　汽车大型壳体类压铸件三维设计造型与实物模具

（4）锻造模具　如图 1-46、图 1-47 所示。

图 1-46　发动机曲轴锻模

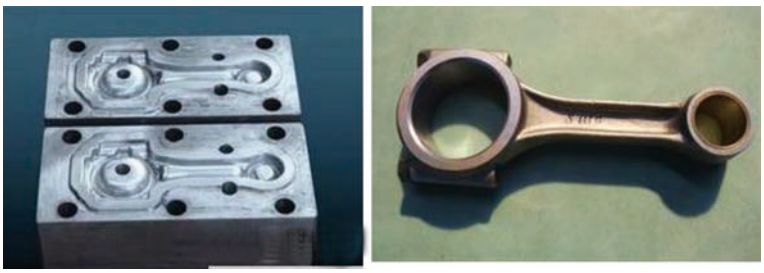


图 1-47　发动机连杆锻模

（5）橡胶轮胎模　如图 1-48 和图 1-49 所示。

图 1-48　汽车子午线轮胎活络模

图 1-49　巨型工程胎模具

（6）铝型材挤压模　如图 1-50 所示。

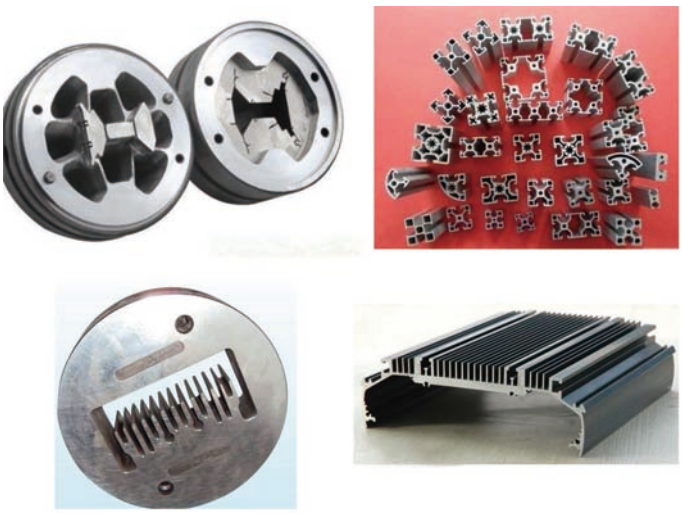


图 1-50　铝型材挤压模

1.2　模具产业是高端装备制造业的重要组成部分

1.2.1　模具技术是精密成形技术的重要组成部分

随着模具成形工艺的不断发展（如自动化冲压、高速多工位级进冲压，智能注射、多料多色注射等工艺），模具被赋予的功能也越来越多（如模内转印、模内装配等技术），致使模具结构越来越复杂，模具制造精度和模具可靠性（性能、寿命等）要求越来越高，这就要求模具的设计、制造及质量控制的技术参数必须与涉及制件（零部件）的材料、成形工艺、成形设备（机床）和控制系统进行协同确定。因此，模具的设计制造技术越来越体现出在制件、制品和零部件精密成形技术中的重要地位和作用。模具技术包括模具的设计和加工技术、装配和检测技术、材料与处理技术、使用维护技术和模具再制造技术等。

模具设计包括功能、结构、性能设计，模具主要零部件加工工艺设计，装配和试模工艺设计等。我国的模具设计技术在 20 世纪 90 年代末基本实现计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）和计算机辅助工程（CAE）的数字化设计；进入 21 世纪，特别是到“十二五”末，我国的模具设计 CAD/CAM/CAE 一体化技术基本成熟，重点骨干企业应用率达到 90% 以上，全三维数字设计技术应用率在 70% 以上。近几年，面向模具制造的服务业发展迅速，模具设计公司、云编程公司、云智造公司利用互联网技术开展网上设计服务。

我国模具零部件的加工自 20 世纪 80 年代起，逐步采用 NC、CNC 加工设备

以替代传统的加工设备，到 20 世纪 90 年代末，关键工序的数控加工采用率在 60% 左右；到 2010 年，关键工序的数控加工采用率达到 90% 左右，其中三轴以上联动设备占 75% 左右，高速加工中心开始应用；到目前为止，关键工序的数控加工采用率达到 95% 左右，四轴、五轴加工的编程技术基本掌握，高速切削技术得到广泛应用。除模架、热流道等模具标准件较早就采用自动化生产线加工外，在“十一五”“十二五”期间也建成了若干模具零件自动化加工单元和生产线，如“电极自动化加工单元”“光学镜片注射模自动化加工单元”“轮胎模具花纹块自动化加工线”等。随着增材制造技术的发展，特别是金属 3D 打印技术的逐渐成熟，为模具制造提供了一个新的制造方法。我国已有数十家企业正在开展采用增材制造技术制造精密模具的探索并取得了有益的成果，为我国模具行业广泛应用增材制造技术打下了坚实的基础。光加工技术（主要是激光加工技术）正在被广泛用于模具的皮纹加工、极微细孔槽加工、超高强制件切边、模具表面局部强化等制造工序。放电加工、激光加工、高速切削已成为硬质（超硬质）模具加工的系列化加工技术，使得硬化至 35 ～ 65HRC 的模具工作部分可以直接加工到所需精度，提高了加工质量，缩短了加工周期。

三坐标测量机、白光扫描（测量）仪等高精度数字化测量仪器已经成为我国重点模具制造企业的标准配置，不仅为提高我国模具的制造精度和制造质量提供了保证，也为模具企业采用逆向工程进行产品开发和模具设计提供了必要条件。

以计算机仿真和模拟技术为基础的“虚拟试模”技术正在用于复杂模具和多工位级进冲模的设计合理性及装配精度的数字化校验，以提高物理试模的效率并降低其成本。

模具材料已从 20 世纪的合金钢为主，扩展至目前的钢、铸铁、铝合金、铜合金、陶瓷、石膏、可加工塑料等材料品种。目前我国模具材料年消耗量在 160 万 t 左右，其中：合金工模具钢 60 万 t 左右，铸铁 30 万 t 左右，碳素钢或低合金结构钢 50 万 t 左右。模具材料的供应由 30 年前的粗制毛坯逐步改为精制型材或模块。塑料模中用量最大的 P20 类模具钢，80% 以上由钢厂提供预硬化（35 ～ 42HRC）型材或模块，减少了模具厂加工工序和各自热处理带来的质量不稳定风险；钢制模具零件的热处理已普遍采用真空热处理或保护气氛热处理工艺；精密、长寿命模具根据需要已广泛采用 PVD（如氮化钛）、CVD（如碳化钛）等涂层技术、渗氮技术（或氮碳共渗技术）、激光强化技术、感应加热技术等表面处理技术，增加模具表面或局部的强度，提高耐磨性或耐（冲）蚀性，改善制件的表面质量和

脱模性。

1.2.2 我国模具行业具备承担高端装备制造业的能力

模具是产品制造业生产中的重要工艺装备，是模具成形制造装备的主要组成部分，因此，模具制造属高端装备制造业。

我国的现代模具制造业经过三十多年的发展，已经从改革开放初期作为产品制造业中的辅助性部门发展成为具有研发体系，材料研制、生产、供应体系，模具标准件生产供应体系和门类齐全的模具生产体系的独立的工业部门。我国的模具生产，不但基本满足了我国制造业发展对模具的需求，而且具备了所有门类模具批量出口的能力。

（1）建立起由国家、行业和企业技术创新机构构成的模具技术研发体系　在各级政府的支持下建立起国家级模具技术创新机构，包括国家计委（1995—2000年）利用世界银行贷款建立的“精密成形国家工程研究中心”（依托单位：北京机电研究所）、“模具计算机辅助设计（CAD）国家工程研究中心”（依托单位：上海交通大学）和“橡塑模具国家工程研究中心”（依托单位：郑州大学）。国家在1990年支持建立了“材料成形与模具技术国家重点实验室”（依托单位：华中科技大学）。科技部2011年支持建立了“国家家电模具工程技术研究中心”（依托单位：海尔模具公司）。国家标准化管理委员1983年批准设立了“全国模具标准化技术委员会”（SAC/TC33，秘书处设在桂林电器科学研究院）。国家批准在广东东莞、浙江台州和江苏苏州建立了国家级“模具检测中心”。

在西安交通大学、上海交通大学、大连理工大学、合肥工业大学等著名大学建立有“模具技术研究所”。

一汽模具制造有限公司、天津汽车模具股份有限公司、青岛海尔模具有限公司、群达模具（深圳）有限公司等一大批重点骨干模具企业建立有“（工程）技术中心”，其中不少技术中心已经升级为省市级。

宁海县第一注射模具有限公司、浙江嘉仁模具有限公司等近二十家模具企业建立了“院士工作站”和“博士后工作站”。

（2）面向模具制造的现代制造服务业日趋完善　模具是结构复杂、制造精度高的特种机电产品，专业化生产是现代模具工业的内在规律和基本特征。现代模具工业的专业化生产包含两个方面：一是各种类型模具的专业化生产，如汽车覆盖件冲压模具、多工位级进冲压模具、电机铁心冲模、插接件高速多工位级进冲模、大型注射模具、精密注射模具、汽车车灯模具、轮胎模具、铝型材挤压模

具、压铸模具、拉丝模具、塑料挤出模等；二是所有模具制造中材料、标准件、模具零部件的专业化生产。

我国的模具工业在党的改革开放政策指引下，通过技术的引进消化再创新和管理体制改革，到 20 世纪 90 年代中期，已彻底改变了改革开放初期国有和外资（合资）为主的单一投资模式，民营企业迅速成为投资主体和经营主力，同时完成了模具生产的专业化，实现了完全的市场化运营。到“十一五”末，我国成为世界模具制造大国和出口大国。

为了实现我国模具由制造大国向模具强国的转变，2010 年工信部委托中国模具工业协会编制了《模具行业“十二五”发展规划》提出坚持推动整个行业的转型升级，在保持行业经济增长和稳定出口增长基础上，通过技术创新、发展制造服务业和加速两化融合等措施，为 2020 年我国模具工业进入世界强国行列打好基础。2015 年，中国模具工业协会编制了《模具行业“十三五”发展指引纲要》（见附录 C），提出以模具市场和存在问题为导向，以《中国制造 2025》国家战略为指引，坚持推动行业发展的动能转换，大力发展知识型制造服务业，积极推进模具成形制造技术的协同创新，为实现《中国制造 2025》提出的强国目标夯实基础。

经过“十二五”和“十三五”开局之年的发展，我国模具行业在完善“模具材料研制、生产、供应体系”和“模具标准件生产、供应体系”的同时，面向模具制造的知识密集型制造服务业得到快速发展，其中以北京数码大方科技股份有限公司、武汉益模科技股份有限公司为代表的数字化、信息化技术软件开发和应用的专业化公司，他们的技术起点高，行业服务涵盖面广，已经成为我国模具行业自主品牌软件开发和服务的主力；以信息技术和互联网技术为基础的“模具设计公司”“云智造公司”“云编程公司”“创客平台”和“模具精益研发服务平台”等技术服务专业公司蓬勃发展；以电子商务技术为基础的“模客网”“易模网”“精模网”等信息、交易网络化服务平台纷纷建立。知识密集型制造服务业的发展，创新了模具制造业态、优化了模具制造流程，为推动“互联网 + 模具制造”落实和加快模具行业的“由大转强”将继续发挥促进作用。

（3）成长起了我国的骨干模具企业队伍　现代模具行业是一个技术密集、资金密集、人才密集的行业，模具制造企业既是承载技术、资金、人才的主体，更是承担创新、运营和发展的主体。

我国的模具企业在 20 世纪 80 年代主要进行投资体制、市场化运营和专业化

生产改革。20 世纪 90 年代中期，国家对模具行业实行税收优惠政策扶持（如增值税先征后返），进一步促进了模具的专业化生产。到 20 世纪 90 年代后期，模具专业生产厂虽近 3 万家，但规模较小、布局分散，其中规模以上模具企业不到 1 000 家，产业集中度低，主要模具产品为电子、电器、包装、建材、汽车行业服务。进入 21 世纪，在汽车制造业快速发展的拉动下，我国模具企业在经济规模、技术水平、信息化建设、品牌塑造和国际化程度等方面有了快速提升。

到 2016 年，我国模具企业中规模以上企业近 5 000 家，其中被认定为高新技术企业的超过 500 家；由中国模具工业协会评定授牌的“中国重点骨干模具企业”达到 178 家，涉及汽车覆盖件模具、大型冲压模具、精密冲压模具、精密级进冲压模具、大型注射模具、精密注射模具、塑料挤出模具、铸造模具、压铸模具、电机铁心模具、子午线轮胎模具、钣金折弯模具、模具制造服务业等 48 类模具类型，涵盖了目前所有常用模具。它们以不到 1% 的企业数量，实现了全部模具销售额（产值）的 20%，使我国模具产业的集中度在“十一五”末基础上提高了 1 倍。以模具为主业的上市公司达到 40 家，其中在主板、创业板上市的有近 30 家。目前世界上有近 15 类最大的模具制造企业在中国落户（如汽车覆盖件模具、汽车内饰件注射模具、塑料挤出模具、子午线轮胎模具等制造企业）。如图 1-51 到图 1-54。

图 1-51　建筑面积 15.6 万 m^2 的一汽模具制造有限公司及其车身模具试模车间

图 1-52　天津汽车模具股份有限公司建筑面积 11 万 m^2 的龙门加工中心加工车间

图 1-53　建筑面积 35 万 m^2 的山东豪迈科技股份有限公司及其轮胎模具刻字车间

图 1-54　无锡微研股份有限公司的精密磨削车间和慢走丝线切割加工车间

目前已有 17 家模具企业获得“中国机械工业优质产品”称号；30 多家模具企业获得“知名商标”“知名商号”等；山东豪迈机械科技股份有限公司获“制造业单项冠军示范企业”称号。

1997—2008 年，模具行业有 290 家企业先后享受“增值税先征后返”优惠政策，总额度 17 亿元，全部用于企业设备更新和技术改造；2010—2013 年，模具行业有 19 家企业承担发改委“产业振兴、技术改造”项目，总投资超过 20 亿元，其中国家补贴近 2 亿元；2014—2016 年，4 家模具企业承担工信部“强基工程”项目；2011—2015 年，3 家模具企业承担科技部“智能制造”“云技术开发应用”等项目。

“十二五”期间，模具行业获省部级科技进步（成果）奖励 25 项，获得专利授权近 10 万项（其中发明专利 9 000 项），35 家企业作为主要起草单位参与模具国家标准和行业标准制修订工作。

1.3　模具是产品制造业转型升级的重要支撑

模具成形（型）制造方法具有高生产效率、制件的高一致性及较高的精度和复杂程度、节能节材等特点，是汽车、电子及 IT 产品、包装、家电、建材等产品最主要制造方法。模具是模具成形（型）装备的主要组成部分，是我国制造业

保持大国地位并进行转型升级、实现“由大转强”的重要技术支撑，也是一个国家的工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。2016 年我国模具市场容量及其分布见表 1-3。

表 1-3　2016 年我国模具市场容量及其分布

模具用户行业	产值 / 亿元	模具依赖度（%）	模具用量 / 亿元
汽车制造	73 000	90	680
家电	15 000	90	170
包装品	15 000	85	130
电子及 IT	110 000	85	770
医疗器械	2 500	75	30
建材、家居装饰	15 000	75	130
轨道交通列车	400	60	40
其他行业（估）	20 000	50	250
合计	250 900		2 200

注：其他行业指航空航天、船舶制造、汽车外运输设备、机床、通用机械制造等。

1.4　模具成形技术是战略性新兴产业发展的助推器

我国政府在“十一五”末提出，加快培育和发展以重大技术突破、重大发展需求为基础的战略性新兴产业，对于推进产业结构升级和经济发展方式转变，提升我国自主发展能力和国际竞争力、促进经济社会可持续发展，具有重要意义。必须坚持发挥市场基础性作用与政府引导推动相结合，科技创新与实现产业化相结合，深化体制改革，以企业为主体，推进产学研结合，把战略性新兴产业培育成为国民经济的先导产业和支柱产业。从我国国情和科技、产业基础出发，确定了现阶段七个战略性新兴产业：节能环保产业、新一代信息技术产业、生物产业、高端装备制造业、新能源产业、新材料产业和新能源汽车产业，并强调要在重点领域集中力量，加快推进。

由于模具成形（型）制造技术具备的成形制品精度高、性能好，正在成为现阶段七个战略性新兴产业发展的助推器。其中已经在开发和产业化的项目有：

（1）新一代信息技术产业中大规模集成电路制造　已开发成功为引线脚 150 以上及间距 0.12mm 以下的引线框架冲压模具和超大规模集成电路生产配套的模具（如塑封模具等）、LED 发光器件和导光板（条）注射工艺与模具；电子插接件高速（3 000 冲次 /min 以上）多工位级进冲压模具等。

（2）生物产业　正在推进先进医疗设备、医用材料等生物医学工程产品的研发和产业化中需要的各种精密、复杂模具的开发和应用。

（3）高端装备制造业　已开发成功并应用的技术有商用飞机客舱行李架、座椅等制造工艺与模具；航天服头盔面罩注射工艺与模具，高速轨道交通列车车厢大截面高强度铝合金型材挤压模具和客舱行李架、座椅等制造工艺与模具等。

（4）新能源产业　已开发成功并应用的技术有太阳能集热器制造工艺与模具、光伏电池的封装与模具、风力发电机叶片制造工艺与模具等。

（5）新材料产业　已开发成功并应用的技术有稀土永磁元件的压制工艺与模具，高性能塑料膜，片的挤出工艺与模具，纤维增强塑料的注射工艺与模具、正在开展碳纤维复合材料成形工艺与模具的开发。

（6）新能源汽车产业　已开发成功并应用的技术有高扭矩电机铁心制造工艺与模具，正在开展研究开发项目有大功率锂离子电池组阳极板（0.1mm 双面涂层铝膜）冲压工艺与模具。

随着我国战略性新兴产业的发展和产业化，模具成形技术会发挥越来越重要的作用。

1.5　我国模具产业“由大转强”的制约因素

我国模具产业虽然在经济规模（包括出口）上连续多年保持了世界大国地位，但与制造业转型升级对模具行业提出的新要求还有差距，与国际上模具强国相比差距更大。在推动我国模具产业“由大转强”过程中，还存在若干制约因素。

（1）企业自主创新能力低　在较长时间内，我国模具企业忙于扩大产能，满足产品制造业快速发展形成的市场需求。企业在技术进步方面研发投入少、研发体制不健全，创新模式主要采用引进消化再创新，集成创新能力不足，原始创新少之又少。

（2）关键技术依赖国外　设计软件有 98% 以上是采用国外的，其中 85% 以上采用同一品牌软件，由于软件供应商的垄断销售，造成企业设计成本大幅提高；关键、高档加工设备 95% 以上由国（境）外提供，并受到设备供应商的监控；高端模具材料市场按重量计 10% ～ 12%（按金额计 20% ～ 25%）的市场份额由国外产品占领。

（3）协同创新机制不完善　（政）产、学、研、用创新体制不完善，模具成形技术链中材料成形工艺、成形设备、模具之间协同创新机制尚未建立，模具成形整体解决方案的产业链高端位置仍由国外公司占据。

（4）高端人才缺口较大　我国模具行业从事设计、编程、项目管理、信息化技术应用、外贸等方面的高端人才数量少、缺口大，且分布不均匀，资源利用率低。

第 2 章

我国模具产业的发展现状

我国现代模具工业起步于中华人民共和国成立之时，但直到改革开放之前，我国模具的生产一直被作为产品生产的辅助工具而以产品生产厂自产自用为主，20世纪80年代初，在3 000家左右的模具生产厂点中，独立的模具生产厂不到5%，并且几乎全部为国有企业。相比当时的工业发达国家，我国模具制造的技术落后，模具生产的专业化程度低（不到15%），全行业产值在10亿元左右，从业人员5万人左右。

我国实行改革开放政策后，在制造业快速发展的市场拉动下和各级政府的大力支持下，我国的模具工业得到了快速发展。1984年，机械工业部在通用零部件局设立模具处，与同年成立的中国模具工业协会合署办公，统一领导和协调我国模具工业的发展；1986年，两委一部（国家计划委员会、国家经济委员会、机械工业部）转发中国模具工业协会“关于振兴模具工业的报告”；1987年模具作为产品被列入我国机电产品目录；同时，我国政府在“六五”、“八五”期间列专项支持模具技术研发。我国的模具制造业从一个技术落后、布局分散的辅助性行业迅速成长为模具门类齐全、技术先进、体系较完整的独立的工业部门。到20世纪90年代末，我国模具生产厂点超过2万家，其中专业模具厂超过60%，模具生产的专业化率超过80%，CAD/CAM普及率超过70%，行业总产值（销售额）约900亿元。

进入21世纪，随着我国汽车制造业和信息通信制造业的高速发展，我国模具制造业进入一个新的转型升级和高速发展期，特别是在1997—2008年期间国家对模具行业实行的税收优惠政策，对模具行业的技术改造、设备更新起到重要的扶持作用。2010年，我国模具生产厂点近3万家，其中规模以上的模具企业超过5 000家，以模具为主业的上市公司达到15家，全行业从业人员达到一百万；模具生产专业化率超过85%，设计过程CAD/CAM/CAE采用率超过80%，模具加工、检测的数字控制（NC）、计算机数控（CNC）采用率达到85%以上；行业总销售额为1 370亿元。我国的模具生产不仅基本满足了制造业发展对模具的市场需求，而且形成了主要门类模具批量出口的能力。1999年出口额突破1亿美元，2010年我国模具出口额（22亿美元）首次超过模具进口额（21亿美元）。从生产规模和出口金额上看，到“十一五”末，我国已是世界模具生

产大国。

“十二五”以来，我国模具行业企业主动适应经济发展“新常态”，大力推动创新驱动发展，积极推进行业的转型升级，加快信息化建设和品牌培育，认真贯彻落实《中国制造 2025》国家战略，提升企业的自主创新能力和国际化程度。“十二五”期间，模具行业的授权专利超过 10 万项（其中发明专利约 10%），获得省部级科研成果 22 项，“中国机械工业优质品牌”17 个；承担国家发改委“产业振兴、技术改造”项目 14 项，工信部“强基工程”项目 3 项，“863”项目 1 项。“十三五”开局的 2016 年，模具行业的销售额达到 1 800 亿元，模具出口额 50 亿美元（模具进口额 25 亿美元），在实现经济运行“稳中有进”的同时，骨干企业队伍健康成长，中国模具工业协会评定授牌的“中国重点骨干模具企业”达到 178 家，上市公司达到 17 家（不包括十多家的新三板上市公司），为实现我国模具的“由大转强”打下了坚实基础。

2.1 建成了较完整的现代模具工业体系

在国家政策的支持下，经过 30 多年的发展，我国建立了包括模具研发设计体系、模具材料研发生产和供应体系、模具标准件生产供应体系人才培训体系和专业化模具制造企业的较为完整的模具工业体系。

2.1.1 我国的模具技术研发体系

我国模具行业中的模具技术研究机构和模具技术创新机构主要由三个层面组成。第一层面是 20 世纪 90 年代，由国家投资，依托大专院校和科研院所建立了一批国家重点实验室和国家工程研究中心等，其中在华中科技大学建立的“材料成形与模具技术国家重点实验室”；原国家计委为了提升我国制造业技术创新能力和科技成果转化能力，利用世界银行贷款，在北京机电研究所建立了“精密成形国家工程研究中心”，在上交通大学建立了“模具计算机辅助设计（模具 CAD）国家工程研究中心”，在郑州工学院（现郑州大学）建立了“橡塑模具国家工程研究中心”；科技部在青岛海尔模具公司建立了“国家家电模具工程技术研究中心”。这些国家级模具技术创新机构在推动我国模具技术进步和产业升级方面一直发挥着关键作用。

第二层面是 20 世纪 70 年代，开始在原部属研究院所内设立的模具研究室和重点工科大专院校内陆续成立的模具研究机构，如 20 世纪六七十年代成立的第一机械工业部电器科学研究院（现桂林电器研究院）模具研究室（后改为模具分

所）和机械工业部北京机电研究所模具技术研究室等。如上海交通大学、西安交通大学、大连理工大学、合肥工业大学、华中科技大学、郑州工学院、哈尔滨工业大学、湖南大学、江苏大学、浙江大学、吉林工业大学和四川大学等建立的模具（技术）研究机构。经过 20 多年的改革发展，这部分科研机构除一部分整合升级为国家级创新机构外，大多改制为科技型企业，如上海交通大学模具技术研究所有限公司、大连理工大学模具研究所有限公司等，成为行业级模具技术研发和成果推广应用的中坚力量。

第三层面是 20 世纪 90 年代中后期，在大型企业中开始建立起来的模具技术研究所（中心）。如一汽模具制造有限公司、天津汽车模具股份公司、安徽铜陵三佳模具股份有限公司、广东巨轮模具有限公司、昆山嘉华电子公司、宁波合力模具科技股份有限公司等模具企业都建立有相当规模的模具技术中心，其中不少中心已升级为省市级技术中心。这部分研发力量主要为企业的技术创新服务，其中一些省、市级的技术中心也承担了为所在行业以至整个模具行业技术进步服务的职能。这些企业技术中心（研究院所）对企业的自主创新能力提升和行业的技术进步正在发挥着越来越重要的作用。

到 2016 年，模具行业已有国家级技术创新机构 5 个，国家级模具检测中心 4 个，省部级（行业级）技术研发机构 20 个；企业与大学、研究院所共同建立的院士工作站、博士和博士后工作站 12 个；企业建立的研究院所、工程技术中心 200 余个；模具企业与其上下游行业建立的产业技术创新联盟 2 个。模具行业的创新机构和研发体系正日趋完善。

2.1.2 国家级模具技术创新机构

1. 精密成形国家工程研究中心

（1）精密成形国家工程研究中心（简称工程中心）概况　工程中心是 1995 年由国家计委批准、利用世界银行贷款、依托原机械工业部北京机电研究所建设的国家级精密成形技术创新和工程转化机构。工程中心始终以国家批复的“以基础产业和高技术产业所需要的精密成形零件的市场需求为导向，开发节能省材、具有工业实用价值的金属塑性精密成形加工技术（包括工艺、关键设备、自动控制系统以及计算机应用），重视新技术在塑性成形精密加工技术中的应用，加强相关技术的工程化研究，为提高劳动生产率、降低劳动强度、改善作业环境、推动行业的技术进步服务”的目标作为工程中心的发展方向。

1）主要任务。结合我国精密成形行业的技术现实和国际精密塑性成形技术发展趋势，工程中心制定了按“精密、绿色、数字”化技术特征进行金属成形技术与装备研发与验证、工程化与产业化发展，并以“中国锻压行业装备平台升级”“关键零件精密成形技术体系开发与推广应用”“中国锻压行业自动化程度提升”“绿色成形技术应用”四个技术主题组成的技术路线实施工程中心发展目标。为运载工具、能源动力、武器装备等行业提供精密成形基础共性技术研发和技术转移服务。

工程中心的具体任务如下：

① 打造我国自己的精密成形技术、工艺及装备的研发平台，改善研究开发条件，提高仪器设备装备水平，完善工程化验证条件，成为代表国内先进水平的精密成形技术及装备研发、工程化及产业化示范基地。

② 针对精密成形工艺及装备领域内的关键技术问题，组织高校、科研单位和企业等进行深层次技术研究与科技攻关，并对研究成果进行规模化生产的前期试验，不断推出具有高技术含量和高附加值的新产品。

③ 依托国家工程研究中心的硬件基础和雄厚的研究实力，打造对外交流与合作的窗口和平台，促进国际先进技术的引进、消化、吸收和创新，提高精密成形工艺及装备领域的技术水平和产业化实力。

④为相关行业和领域提供技术咨询服务，吸引和培养一批精密成形工艺及装备方面的高级技术人才和管理人才，建立一支高水平的技术研发队伍。

⑤在行业内形成研究、开发及产业化的领先地位，形成国内自主研究开发、工艺与装备系统集成、设备建设成功应用的产业链，使科研成果在国家重点工程中得到应用，推动相关行业的技术进步。

2）发展战略。工程中心发展战略是“需求引导、工艺带动、装备跟进、开放合作、集成创新”。以汽车、航空航天、能源动力、武器装备行业的重大需求作为工程中心的服务重点，开展铝合金、钛合金等轻量化材料成形工艺、材料与零件热处理改性工艺技术研发，并根据成形与热处理工艺要求进行超塑性成形压力机、伺服压力机、等温及冷温成形压力机、真空热处理炉、感应热处理生产线等高端成形和改性装备技术的协同开发，吸收国内外关键功能部件、自动化物流系统、长寿命模具等配套条件，实施系统集成创新，为服务行业提供精密成形技术系统解决方案。

①需求引导战略。工程中心的技术研发与推广，将切实从市场需求出发，把握时代脉搏，把立足点和归宿点放在适应精密成形管理需求上，从而促进我国精

密成形技术的与时俱进。适应时代发展，以市场为导向，把精密成形技术成果转化为生产力，促进精密成形行业发展。

②工艺带动战略。在精密成形领域努力追求产品技术水平和最终用途的先进性，始终保持在技术上的持续优势和在市场竞争中的领先地位。一方面，高度重视精密成形工艺研究与开发投资，不断推出适应精密成形行业需求的新产品领先上市，从而占领市场。另一方面，不断升级更新现有基础产品，确保新一代产品工艺开发的速度及时效性。

③装备跟进战略。在开展高端精密成形工艺和产品攻关工作的同时，密切关注国际精密成形市场的发展，在设备方面主动出击，凭借工程中心的装备集成优势，根据成形与热处理工艺要求进行超塑性成形压力机、伺服压力机、等温及冷温成形压力机、真空热处理炉等高端成形和改性装备的研发制造，形成一套具有现代高科技特征和符合优质、高效、节能、环保以及大型化、自动化的现代生产方法。

④开放合作战略。工程中心积极开展与高校、科研单位和企业等进行产学研合作，并将研发验证平台对外开放，成为行业创新体系的核心，使工程中心成为集科研开发－产品加工－设备集成－工程示范－服务咨询－人才培训－国际合作等功能于一体的先进精密成形研发、工艺与装备技术平台，系统性地攻破国家重大装备精密成形技术的工程难点，全面提升行业的综合技术水平。

⑤集成创新战略。工程中心通过建立国际领先的科研开发团队，通过与计算机的紧密结合，将数控加工、激光成形、人工智能、材料科学和集成制造等一系列与精密成形相关联的技术进行融合，通过集成创新使工程中心的科研成果在重点工程中得到应用，提升我国精密成形技术水平，增强国产设备的竞争能力，在推动行业技术进步的同时推动汽车、航天航空、装备制造、军工产品、能源动力等行业的发展。

3）经营思路。工程中心的建设和运行紧密围绕任务与目标，切实履行工程中心的责任与义务，并以实现工程中心的发展战略为核心，以科技成果工程化、运行机制企业化、发展方向市场化为指导思想，在此基础上形成工程中心的经营思路。

①自主研发精密成形领域核心技术。瞄准国际先进水平，通过自主创新突破精密成形发展过程中的重大技术瓶颈，打破国外技术封锁，研发具有自主知识产

权和重大市场价值的关键技术，形成具有推广意义的技术产品及服务，通过技术成果的研发、转化、推广获取相关销售及咨询服务收入。

②对先进技术成果实施产业化推广。与各模具生产企业、咨询公司、高校研究机构、设备生产厂家紧密合作，在精密成形装备和工艺领域，将一批急需工程化开发的重大成果进行产业化运用示范，带动相关技术及产品的规模化生产，持续不断地为精密成形行业提供先进成熟技术、工艺及产品。通过相关技术产品的销售、升级、维护获得相关收入。

③为精密成形技术研发提供工程化验证条件。建设一流的精密成形技术成果工程化验证设施，为行业提供技术成果工程化的试验验证环境。对工程中心自主研发的各项技术成果进行工程化验证，并为全行业提供精密成形工程技术验证和技术服务。利用工程中心创新基地的工程化验证设施及实验条件，落实工程中心的技术成果转化任务，提供包含检测、评价、分析、设计、生产、制造、施工、管理和技术测试等方面的工程技术验证和技术服务，并获取相关工程化验证及技术服务收入。

④承接国家及地方精密成形技术科研项目。积极承担国家下达的各项技术研发任务，承接地方各级企事业单位在精密成形管理领域的重大技术研究开发项目，组织或参与相关领域国际技术研发及运用推广项目，及时掌握各项前沿技术，不断提高工程中心技术研发能力，并获取相关技术研发收入。

⑤培养精密成形高级技术人才并开展技术交流培训。充分发挥工程中心人才优势和技术优势，通过定期举办各类学术研讨活动，按需开展各类人才培养和技术培训业务，组织国际技术交流与合作，为具有推广价值的新技术、新产品提供发布平台等，培养各类精密成形高级技术人才，有效增进精密成形行业技术交流，促进行业技术进步，同时通过相关培训交流服务获得收入。

（2）科技成果

1）立式冷摆辗装备与模具技术开发研究。摆动辗压（简称摆辗）是锻件生产行业中的特种锻造成形工艺，将整体成形化简成局部成形。摆辗可以生产带轴法兰、端面齿轮、锥齿轮、变速器同步齿圈、离合器盘毂、端面凸轮、炮弹药筒底板等产品（如图 2-1 所示）。此外，铜等贵重金属零件也可采用冷摆辗压工艺成形，实现少无切屑加工，可节约金属材料，又大大降低生产成本。摆动辗压机是一种机、电、液一体化的高科技系列产品，可根据零件需要进行冷、温、热摆

辗加工。由于各种原因，国内冷摆动辗压机的研发处于停滞阶段，冷摆动辗压机的采购完全依赖进口。

图 2-1　国内外摆动辗压产品

该项目要重点研究立式冷摆动辗压机摆头合理运动曲线，进行立式冷摆辗压机结构设计与计算及液压系统、控制系统设计，最终完成包含液压、电控系统的 2 000kN 立式冷摆动辗压机样机的制造以及整机调试，为今后冷摆动辗压成形工艺开发和零件制造提供支撑。

2）铝合金覆盖件快速超塑性成形工艺与模具技术。铝合金零件具有密度小、比强度和比刚度高、耐蚀性好等优点，广泛应用于航空航天、汽车等工业。近年来，随着轻量化与节能减排的要求日益提高，对材料提出越来越高的要求，铝合金零件呈现出向大型整体化、高强度高韧化、复杂精密化方向发展的趋势，对相关成形加工技术和装备的需求也越来越迫切。超塑性成形是对难成形材料的一种特殊成形技术，需要对材料进行预处理，并在一定的温度、压力、时间条件下达到成形的目的。

该项目旨在综合传统的冲压、超塑性和气胀成形等多种工艺的技术优势，利用集成创新的复合成形技术，开发适用于供货态工业牌号铝合金汽车覆盖件快速成型的超塑性成形技术。与普通超塑胀形相比，成形时间缩短 40% 以上，突破铝合金汽车覆盖件生产的技术瓶颈，以适应汽车大批量生产的需要。图 2-2 为铝合金汽车覆盖件装车试验。

图 2-2　铝合金汽车覆盖件装车试验

3）冷温精密成形工艺与模具技术。冷锻成形技术是在室温下（无须加热）对钢质或铝合金挤压成形，接近或达到成品零件的形状及精度而省去大部分切削加工的一种精密成形技术。利用该技术生产的零件，其金属流线保持完整、内部没有缺陷且组织均匀，因冷作硬化的影响其强度及使用寿命明显提高，等强度、等寿命条件下零件重量可以大大减轻。因此，冷锻件作为汽车、航空航天、舰船、军工等领域的传动“安保件”得到了越来越广泛的应用。另外，该技术具有节能节材、优质高效、减排环保等一系列优点，已经成为当前国际先进制造技术的重点发展方向之一。

该项目针对汽车典型黑色金属和轻合金冷温锻件，围绕闭塞冷锻成形、温冷复合成形、阻尼式流动控制成形工艺，采用数值模拟技术对毛坯材料在复杂模具型腔中的流动过程及成形规律进行研究，对成形工艺参数进行优化分析，研究不同冷温精锻成形工艺对设备关键技术参数的要求，配合示范应用单位进行冷闭塞锻造、多工位冷温精锻成形和阻尼式流动控制成形工艺试验。

4）1 250mm 自动辊锻机与配套模具技术开发。辊锻是将轧制成形与模锻成形相结合并应用于生产中的锻造工艺，与辊锻工艺相匹配的锻压设备称为辊锻机。辊锻机可辊制多种几何形状截面以及轴线方向变截面的锻件。近两年，随着对铁路列车高速重载的迫切要求，铁路车辆零件越来越多地采用锻件。工程中心将自主开发的汽车前轴精密辊锻—整体模锻技术成功应用于铁路货车钩尾框的锻造生产中。该技术大大降低了模锻锤和压力机的打击吨位，改善了劳动条件，提高了材料的利用率，深受铁路车辆锻件生产企业的欢迎。但对于尺寸和重量较大的重型前轴以及钩尾框，由于截面形状和尺寸变化很大，变形非常剧烈，导致

现有 1 000mm 加强型辊锻机处于满负荷或者超负荷状态，连续使用时设备极易出现故障。由于国内外还没有更大规格的辊锻机成熟技术和定型产品，因而限制了精密辊锻—整体模锻技术的发展。为了满足重型前轴和铁路机车钩尾框锻造生产的需要，工程中心着手开发研制了国内外最大规格的 1 250mm 自动辊锻机组及其相应的配套技术，并应用于齐齐哈尔轨道交通装备有限公司 500kJ 对击锤生产线上，效果良好。图 2-3 为生产线现场。

中频感应加热炉　　1 250mm自动辊锻机　　500kJ对击锤

图 2-3　生产线现场

5）复杂零件精冲工艺与模具技术。冲裁是借助模具使板料分离的工艺技术。

精密冲裁（简称精冲）是借助强力压边、极小的凸凹模间隙等措施抑制冲压件的剪切面撕裂，从而达到提高尺寸精度和表面质量的目的。精冲可以用来加工齿轮、棘轮、凸轮、法兰盘、拨叉、离合器片等扁平类零件。该项目通过对复杂零件精冲技术的全方位攻关，为大型数控精冲压力机提供生产工艺指导，为大型精冲模具的设计提供依据，为航空、汽车等行业用复杂精冲零件提供近净成形新技术，解决精冲工艺基础技术和关键技术问题，使我国精冲技术达到国际先进水平。

基于国家科技重大专项“10 000kN 精冲压力机”课题研究成果，由工程中心自主研发的新一代“静压导轨”Y26-315A 精冲压力机，经过试运行考核，正式投入使用。新一代精冲压力机的导向技术是在依托单位北京机电研究所“内阻尼静压导轨”发明专利技术的基础上进行了优化设计的独特技术，该技术具有免维护、抗偏载能力强及导向精度高等优越性。精冲机所采用的闭合高度调节专利技术确保了调节精度，提高了模具保护装置的灵敏度和可靠性。

新一代精冲压力机的开发成功，不仅丰富了工程中心锻压主机系列，而且标志着在承接精冲件生产、精冲模具研制、精冲生产线建设等精冲成套技术的能力获得了全面提升，为进一步技术推广和产业化提供了有力支撑。静压导轨精冲压力机如图 2-4 所示。

图 2-4　静压导轨精冲压力机

6）国内主机吨位最大的曲轴自动锻造生产工艺与模具技术。曲轴是发动机执行机构的重要零件，也是汽车中最复杂的锻件之一。随着高功率、低油耗、低排放的要求提高，发动机的爆发压力从 8 ～ 9MPa 上升到 12MPa，甚至达到 14MPa，对曲轴的显微组织、力学性能和精确成形技术提出了更高的要求；汽车产量每年不断增长，曲轴的需求量也在不断增加，汽车发动机的曲轴年需求量就超过 2 000 万件，对曲轴锻造线的生产效率和自动化水平提出了更高的要求。

工程中心以满足汽车发动机曲轴锻造的市场需求为切入点，以提升我国锻造基础装备制造业竞争实力为目标，通过工艺牵头，在与发达国家主机提供商合作的基础上，集成工程中心开发的辅机，实现信息技术、网络技术与自动化技术综合集成再创新，即基于工业以太网络、Profibus 现场总线网络、安全总线网络和机器人物流系统，实现锻造生产线全过程实时监控与管理、远程诊断和远程技术服务，突破了工艺稳定性、设备可靠性、模具寿命三个技术难点，综合体现了国内最高技术水平，采用国内最大的热模锻压力机为主机（140MN）、自动辊锻机等设备为辅机、8 台机器人负责物流传送、现场总线自动控制的全自动曲轴锻造生产线调试完成，交付用户试生产，该技术达到国际先进水平。基于此项重大技术进步，工程中心在行业上的影响得到很大提升。2012 年新建成的以 125MN 热模锻压力机为主机的自动化锻造生产线工艺技术先进，全部采用自动化操作，具有国内领先水平。工程中心以工程总承包的方式，提供了生产线总体技术方案、工艺、模具、自动辊锻机、机器人、总线自动控制系统以及锻件输送装备等，成功地集成了其他厂家提供的压力机等设备，使整条生产线实现了安全、高效生产。图 2-5 为锻造线投产仪式，图 2-6 为最大的曲轴自动锻造生产线。

图 2-5　锻造线投产仪式　　图 2-6　最大的曲轴自动锻造生产线

7）大口径厚壁长管件挤压成形模具与润滑技术。大口径厚壁长管件是火电、核电设备的关键基础结构件，其规格和质量对电站设备性能具有直接影响。依托单位北京机电研究所与国内大型重工集团等单位，组建“产学研用”创新团队，开发出“大口径厚壁长管件挤压工艺与质量控制技术”，为“3.6 万 t 黑色金属垂直挤压机”主机的生产应用提供工艺技术支撑。通过课题实施，解决了多项关键技术，开发了具有完全自主知识产权的垂直挤压工艺，在国内首次建立 P91 高温流动应力本构方程和晶粒组织演化数学模型，提出了具有自主知识产权的复合润滑技术，试制成功的大口径厚壁钢管晶粒度达到 6 级，填补了我国大口径厚壁长管件挤压工艺与质量控制技术的空白。课题研究成果已应用于某重工集团，试生产实现产量超过 1 万 t。课题的顺利完成，实现了大口径厚壁长管件制造技术的跨越式发展，使我国重型黑色金属挤压技术取得了重大突破。同时，为依托单位北京机电研究所承担的其他重大专项起到了示范作用。图 2-7 为大口径厚壁长管件挤压生产现场。

图 2-7　大口径厚壁长管件挤压生产现场

8）预成形辊锻工艺与模具技术。辊锻技术以往主要用于制坯辊锻而很少用于成形辊锻。20 世纪末，工程中心自主开发的汽车前轴精密辊锻—整体模锻技术使压力机前轴锻造线的投资大大降低，锻件材料利用率从 70% 大幅提高到 90% 左右，因而得到迅速推广，并已成为近十年新增前轴锻造线的主流技术。而该项技术的应用同时带动了大规格辊锻机，尤其是 1 000mm 辊锻机的销售。

行业中一些历史悠久的大型锻造企业仍在使用已有的大规格模锻锤生产汽车前轴。它们多采用自由锻制坯，需多次加热，材料利用率较低，劳动强度很大。为了使精密成形辊锻的新技术惠及这些企业，工程中心根据 16t、10t 等大规格模锻锤的特点，在精密成形辊锻的基础上开发了预成形辊锻技术，经自动辊锻机预成形辊锻后，送到大规格模锻锤上终锻，在发挥模锻锤打击力大、成形速度快优势的同时只需一火完成，提高了材料的利用率，降低了劳动强度。该项技术深受拥有模锻锤的企业欢迎，目前已在济南重汽、山西锻造、青海康泰等老牌锻造企业得到推广。

9）铁路货车钩尾框精密辊锻—整体模锻工艺与模具技术。近两年，随着对铁路列车高速重载的迫切要求，铁路车辆零件越来越多地采用锻件，铁路货车钩尾框就是典型的例子。钩尾框是具有薄壁、深腔的大型长轴类结构零件，两端是深腔结构，并且有两段很薄的长臂，整体形状非常复杂。该零件在铸改锻初期一般采用自由锻制坯后大吨位摩擦压力机展开模锻后折弯的工艺成形，由于制坯精度差且效率低，需多火次成形，成本较高。国内几家工厂均采用此传统工艺。终锻时，由于打击力很大，设备超载严重。借鉴汽车前轴精密辊锻—整体模锻的成功经验，工程中心提出了钩尾框精密辊锻—模锻复合工艺方案。该工艺方案具有如下优点：锻造坯料只需一次加热，从而降低了加热成本和火耗；以辊锻实现锻件部分净成形或近净成形，减少锻件飞边，节省原材料；采用大型辊锻机自动辊锻技术，可大幅提高生产效率并减轻工人的劳动强度；由于钩尾框锻件大部分的变形由精密辊锻工艺完成，减轻了终锻设备和模具的负荷，延长了设备和模具的寿命。

目前该项技术已经在齐齐哈尔车辆厂等 4 家企业得到应用。17 尾框型锻造钩成品如图 2-8 所示。17 型钩尾框锻件三维实体锻件图如图 2-9 所示。

图 2-8　17 尾框型锻造钩成品

图 2-9　17 型钩尾框锻件三维实体锻件

10）高强度铝合金材料的精密成形工艺与模具技术。铝合金锻件具有密度小、比强度和比刚度高、耐蚀性好等优点，广泛应用于航空航天、汽车等行业。近年来，随着轻量化与节能减排的要求日益提高，对材料提出越来越高的要求。为了满足减重的要求，铝合金锻件在汽车锻件中的比重逐渐增加。工程中心在原有钢质锻件成形技术和锻造生产线开发的经验基础上，首次开发建设控制臂铝合金锻件自动化生产线。该项目重点研究了高强度铝合金材料的感应加热技术、铝合金材料变形条件对组织性能的影响、铝合金材料锻后热处理强化技术、辊锻及楔横轧制坯与多模膛锻造技术以及切边、冲孔、校正复合工艺与模具技术；开发铝合金材料辊锻制坯装备、楔横轧制坯装备、可抗偏载离合器式螺旋压力机、多关节机器人、热处理强化设备以及生产线集成技术，突破了多个技术难点。目前一条自动化程度很高的轿车精密复杂铝合金零件的精密成形示范生产线已基本建成。工程中心基本实现了从擅长的钢质锻件成形领域向有色金属成形领域的跨越。铝合金锻件如图 2-10 所示。铝合金锻件锻造生产线如图 2-11 所示。

图 2-10　铝合金锻件

图 2-11　铝合金锻件锻造生产线

2. 模具计算机辅助设计国家工程研究中心

（1）基本情况　模具计算机辅助设计国家工程研究中心（下文简称“模具研究中心”）是经国家发改委（原国家计委）批准，于 1995 年 3 月在上海模具

技术研究所基础上建立的从事模具 CAD 以及数字化制造领域内科研和成果转化的研究开发机构。2003 年通过国家发改委组织的验收。模具研究中心依托上海交通大学建设，主管部门为国家教育部，法人单位为上海模具技术研究所有限公司。

模具研究中心现有正式员工 70 余名，学术 / 技术带头人包括中国工程院院士 1 名、教授 7 名，特别研究员 1 名，副高级专业技术职务者 23 名。同时聘请了 6 位国内外著名的教授作为兼职教授和客座教授，包括德国工程院院长 Reiner Kopp 教授、国际冷锻组织（ICFG）主席 A. Erman Tekkaya 教授等。模具研究中心名誉主任阮雪榆院士是国际知名的塑性加工和模具技术专家、我国冷挤压理论与技术的开拓者之一，在国内外首创冷挤压许用变形程度理论，并在国内首先研究成功黑色金属的冷挤压技术，对指导和推动我国冷挤压理论与技术的发展做出了重大贡献。

模具研究中心目前正在使用的基地分别是位于上海交通大学徐汇校区的研究与开发基地和位于闵行北桥的中试与产业化基地。模具研究中心下属 2 个控股公司：上海申模模具制造有限公司、上海申模计算机系统集成有限公司；另外，与日本 SODICK 株式会社合资成立上海沙迪克软件有限公司。

模具研究中心拥有国内较为先进、配备齐全的软硬件设备，包括 FIDIA 五轴高速加工中心、TOSHIBA 四轴卧式数控镗铣床、MILLTRONICS 加工中心、三坐标测量机、数控坐标磨床和平面磨床、SODICK 数控电火花成形机、高精度线切割机、630T 冷挤压机、KOMATSU H1F200 复合式伺服压力机、320T 双动液压机、ABB 多功能机器人、INSTRON 材料拉伸试验机、蔡司万能材料显微镜、BUEHLER 全自动振动磨抛机，以及 NX、PRO-E、CATIA、SolidEdge、SolidWorks、DEFORM、Forge、DYNAFORM、AUTOFORM、ESPRIT、Abaqus、MoldFlow、MARC、Fatigue、Madymo、Adams 等先进的 CAD/CAM/CAE 软件。

模具研究中心作为我国模具与塑性成形技术以及数字化制造技术领域重要的科学研究与技术、工程支持基地，在建立之初，即提出“为国家建立自主创新的技术平台，为国家培养自主创新的一流工程技术人才” 的宗旨，并坚持以“研究开发、技术转移、工程支持、人才培养、国际合作”作为工作的内涵，主要任务包括：研究模具和塑性成形领域的科学问题，揭示其中的科学规律；将研究成果技术化、工程化、产业化，带动模具与塑性加工行业的整体技术进步；利用数字化制造技术，为行业内相关企业提供技术咨询和支持服务；培养模具与塑性加

工领域研究型人才，并为行业企业提供塑性加工和数字化制造相关的技术培训，提升行业的整体人才质量；加强国际合作，追踪前沿科技，吸收消化后带动民族产业发展。

（2）建设创新技术平台　模具研究中心历经多年的建设和发展，走出了一条不平凡的创新发展之路。远景目标是构建一个国际一流的模具技术和数字化制造技术的创新技术服务平台和人才培养平台，服务于我国模具行业、制造业的创新发展。模具研究中心的建设和发展都在向这一方向努力，下面从以下几个方面来分别说明。

1）聚焦细分行业，联合地方政府建立专业化的产业服务平台。模具研究中心利用自身在模具技术、人才等方面的优势，与全国多地模具产业集聚地区开展了广泛深入的合作。自 2012 年以来，模具研究中心参与东莞横沥模具产业协同创新中心项目，通过向横沥派遣固定常驻代表，走访调研了当地近百家模具企业，为解决东莞市模具行业共性、难点问题打下了坚实的基础。先后组织了近十次技术讲座，定期派遣教授、专家访问横沥，为当地企业面对面排忧解难。模具研究中心与东莞横沥模具产业协同创新中心工作受到了李克强总理、马凯副总理以及国家部委的高度重视。李克强总理 2015 年 6 月 11 日批示“请发改委、工信部、科技部调研，要重视地方经验，加强产学研合作和协同创新，推动制造业转型升级”。2015 年 7 月 21 日，广东省省长朱小丹在横沥检查工作时，高度评价了以上海交通大学为首的上海高校对横沥模具产业转型升级的贡献。横沥模具产业在协同创新的氛围下快速发展，多项经济发展指标增速排在东莞市 32 个镇街第一名。连续 4 年经济增速超过 20%，高新技术企业数量突飞猛进。

2）与企业合作共建联合研究室 / 联合研究中心，为行业企业提供技术服务与技术支持。高校和研究机构为企业提供服务的方式多是以科技合同、项目开发的形式进行，这种形式也能够产生一定的经济效益和社会效益。但这种合同形式是短时、局部、松散的，难以解决有些企业存在的深层次问题。针对这一工业界普遍存在的问题，模具研究中心早在 1992 年就提出了与企业共建联合研究室 / 联合研究中心的新思路，其核心思想是对企业实行定向的、全面的、长期的服务，即帮助企业解决当前的技术问题，也为企业培养相关的技术人才，为企业的可持续发展打下基础。模具研究中心先后与国内的上海汽车工业（集团）总公司、上海烟草机械有限责任公司、海尔模具公司、烟台路通精密铝业有限公司、山西榆次方盛液压机电设备有限公司、江苏华达汽车科技股份有限公司，以及

美国 FORD 汽车公司、Ducommun 航空结构公司、UGS 公司、ETA 公司、API 公司，日本 Takata 汽车安全装置公司、松下电工、咖路公司，瑞士 Feintool 公司、Hatebur 公司和法国 Schneider 电气等 20 多家公司进行了高水平的、实质性的、稳定的国际技术合作，先后成立了 20 多个联合研究室、技术中心、联合应用中心等，为企业的技术进步和市场开拓提供有效的技术支持。多位政府领导及国内外嘉宾在考察时，均对联合研究室的发展与管理模式给予了充分肯定。

3）倡导开放合作的技术交流机制。开放交流是模具研究中心实施“研究开发、技术转移、工程支持”战略思想的重要保障。模具研究中心在塑性加工（模具）与数字化制造领域与国内外重要学术机构、企业开展了广泛深入的技术交流、合作研究与开发。通过举办或参加各类国际学术会议、积极选送员工赴国外高校、企业进行参观学习和培训等方式，开阔了员工的视野，提高了科研能力和学术、技术水平。

4）发挥行业领域内技术辐射与信息传播作用。联合国教科文组织冷锻技术教席（UNESCO Chair in Cold Forging Technology）设在模具研究中心，阮雪榆院士担任教席主任。该教席担负着在我国研究、推广冷锻技术的光荣使命。这是世界范围内唯一的塑性加工领域的联合国教科文组织教席。另外，模具研究中心主办并在全国公开出版发行《模具技术》杂志（每期 6 000 份），为模具行业提供了国内外技术、管理等信息，也促进了同行间的技术交流。

5）主持和参与制定行业标准。模具研究中心作为全国模具标准化技术委员会副主任委员单位和全国锻压标准化技术委员会副主任委员单位，认真履行国家标准化管理委员会赋予的神圣职责，积极参与国家和行业标准工作。尤其是近五年来，模具研究中心已制定国家和行业标准 20 余项，其中国家标准 5 项、行业标准 17 项，极大地促进了行业的技术进步。

3．郑州大学橡塑模具国家工程研究中心

（1）基本情况　郑州大学国家橡塑模具工程研究中心（简称工程研究中心）是我国首批利用世行贷款建设的 47 个国家工程研究中心之一，拥有材料成型及模具技术教育部重点实验室，是我国塑料成型和模具技术领域理论研究、技术开发、高层次人才培养和相关产业技术发展主要基地。该中心致力于高分子及其复合材料成型加工、塑料模具优化设计与制造等领域的理论、技术和数值模拟方法的研究，主要研究方向包括：聚合物成型过程数值模拟理论、模具优化设计和制品质量控制理论和技术、汽车轻量化碳纤维复合材料和国家战略产品研制等。

工程研究中心首席科学家申长雨院士，1963 年出生，大连理工大学博士学位，是国家杰出青年基金获得者、“973”项目首席科学家，2009 年当选中国科学院院士，2003—2013 年间曾任郑州大学校长、大连理工大学校长，目前担任国家知识产权局局长，郑州大学橡塑模具国家工程研究中心主任、材料成型及模具技术教育部重点实验室主任。同时，兼任中国科协委员、中国力学学会副理事长、中国机械工程学会常务理事，《中国塑料》主编，《固体力学》《应用数学与力学》《化工学报》《工程塑料应用》《模具工业》《塑料》等杂志编委。发起和组织了先进成型技术协会（Society of Advanced Molding Technology）。曾获国家科技进步奖二等奖两次、省部级科技一等奖 4 项，以及“中国载人航天工程突出贡献”等多项奖励。已发表论文 200 余篇，出版学术专著 4 部。

工程研究中心拥有“高分子材料成型加工及模具技术”教育部创新团队，“高分子材料成型及模具”科技部首批重点领域创新团队。工程研究中心现有科研人员 40 余人，拥有各种精密设备 100 余台（套），仪器设备总值上亿元，模具研究大楼 8 100m^2，实验室 1 200m^2，中试基地 3 150m^2，实验装备在国内高分子材料成型加工领域处于一流水平。

工程研究中心相继主持承担了国家“973”计划项目、“863”计划、国家载人航天计划项目、国家自然科学基金重大 / 重点项目、国家杰出青年基金项目、国家“八五”“九五”“十五”科技攻关项目、“十一五”支撑计划等国家和省（部）级重大科研项目 50 余项。

（2）主要研究领域和成果

1）高分子及其复合材料成型过程数值模拟及模具优化设计。针对塑料成型加工主要方式以及一些新的成型加工方式，如注射、气体辅助注射、微注射、复合材料 RTM 成型及短纤维增强注射等，利用多学科的交叉和渗透构造塑料成型过程的数学和力学模型，并采用数值方法（有限元、边界元、有限差分等），实现了对固体输送、熔融、输送，模具中的流动、冷却和固化成型等过程的分析和模拟，预测实际工艺条件下聚合物受力场和热场的动态变化规律，以及残余应力、收缩和翘曲变形等，将塑料成型加工过程的控制及模具设计建立在科学定量的基础上，实现制品设计、模具设计 / 制造、制品成型加工的集成化和最优化。主编了国内第一部塑料模 CAE 基本原理的著作《塑料模具计算机辅助工程》，从控制方程、材料模型、物性参数和数值求解方法等方面论述了聚合物成型过程数值

模拟理论和算法，形成了比较完整的理论体系。

在此基础上，为了突破目前 CAE 只能模拟聚合物成型过程宏观流场的局限，开展了成型过程中模具中宏观流场作用下结晶、分子和纤维取向、双折射、残余应力等微观结构演化，以及微观结构演化对宏观流场影响的数值与实验研究，系统地研究了不同聚合物体系在不同模具成型过程中形态结构演化规律和现象，建立了成型工艺条件与制品结构性能之间的定量关系。开发的主要软件：注射模成型模拟软件、气体辅助成型模拟软件、注压成型模拟软件、纤维增强注射模成型模拟软件、微注射模成型模拟软件、透明制件光透过模拟软件以及注射成型和模具结构一体化数值模拟软件等。相关成果“注射成型模具及制品设计与生产过程的计算机集成技术”获得了 1996 年国家科技进步二等奖，“基于模拟仿真的聚合物加工及模具优化设计与应用”获得 2003 年国家科技进步二等奖。

围绕该领域，由郑州大学橡塑模具工程研究中心作为主持单位，申长雨院士作为首席科学家，联合中国科学技术大学、上海交通大学、四川大学、华南理工大学、华中科技大学、西北工业大学、中国科学院数学与系统科学研究院、大连理工大学、中南大学和机械科学研究总院等，承担完成了国家“973”计划项目“高聚物成型模拟及模具设计制造中的关键问题研究”。该项目以航空航天、高铁等有代表性的国家战略性高聚物制品成型和模具设计制造为背景，完成了复杂多场作用下高分子材料不同层次形态结构的演变规律、成型过程中模具内复杂流体的跨尺度计算理论、成型后制品性能和服役行为的跨尺度分析、成型工艺控制和模具设计的多目标优化理论和方法等关键科学问题，利用数值模拟和物理模拟，初步解决了高聚物制品的“成型”“成性”“服役性”和“工艺控制及模具优化”等关键工程技术问题。

2）结构化、轻量化高分子复合材料成型及模具技术。围绕汽车零部件轻量化和结构化，工程研究中心重点研究了纤维（碳、玻璃、碳及玻璃混杂）增强热塑性（聚丙烯 PP、尼龙 PA6）复合材料界面浸润、形貌调控和强化机制，开发了复合材料浸润工艺及工装模具。为了推动热塑性碳纤维复合材料在汽车轻量化中的应用，替代汽车金属横梁，工程研究中心联合华晨汽车工程研究院 、上海交通大学、河北立格新材科技股份有限公司、兴科控股有限公司等单位，由郑州大学主导承担了中国汽车工业学会汽车轻量化技术创新战略联盟组织的合作项目“汽车低成本热塑性碳纤维复合材料零部件联合开发”，进行了低成本热塑性碳

纤维复合材料及其在乘用车顶盖横梁零件的应用技术开发，开发了我国第一套热塑性碳纤维汽车横梁热压模具，以及连续纤维热塑性复合材料热压成型工艺，在行业内引起非常大的关注，这项成果开拓了我国绿色可回收复合材料在汽车领域的应用。同时，围绕长碳纤维增强热塑性复合材料注射成型过程，构建了纤维折损和取向过程的数理模型、复合材料的性能预测细观力学模型以及模具优化设计和成型工艺优化控制理论和算法，开发了以注射成型为核心的压、注等多种工艺集成短流程加工方法，搭建短流程制造一体化成型示范平台等，为碳纤维增强热塑性复合材料规模化应用提供理论基础和技术支持。围绕该领域，工程研究中心联合上海汽车集团有限公司，承担了“国家重点研发计划试点专项 2016 年度第一批项目”中的“新能源汽车”专项课题“电动汽车结构轻量化共性关键技术研究与应用”子课题，主持了 2017 年度国家自然科学基金重点项目“碳纤维增强热塑性树脂复合材料制备成型的应用基础研究”。

3）超临界微孔发泡注射成型技术是结构化、轻量化、绿色化成型技术，工程研究中心联合宁海第一注射模具有限公司承担了宁波市重点科技计划“超临界微孔发泡注射成型及模具关键技术研究”。该项目针对大型精密汽车模具，特别是奔驰车型汽车中央通道骨架微孔发泡注射成型工艺和模具，重点开发了微发泡精密成型工艺以及泡孔尺寸和均匀性控制共性技术、模具温度控制共性技术和模具设计规范等。解决了浇注系统设计、旋涡状流痕、银纹、表面起泡、爆裂等一系列技术问题。所开发的共性技术能够满足：模具锁模力减少 30% ～ 50%，成型周期缩短 20% ～ 30%，制品有效减轻 10% ～ 15%，改善制品变形大于 40%，增强产品力学性能 20% 等。由宁海第一注射模具有限公司申报的“D2SC 汽车中央通道骨架微发泡模具开发”项目获得 2014 年度中国模具工业协会精模奖一等奖，“X253 汽车中控台微发泡模具开发”项目获得 2016 年度中国模具工业协会精模奖一等奖。

4）国家战略用塑料制品的成型和模具技术。2008 年 9 月 27 日，中国航天员翟志刚身着我国自行研制的“飞天”宇航服在太空中留下了身影。航天服头盔面窗组件是宇航员在外太空活动时观察外界的窗口，可以说是宇航员的“眼睛”，它不仅要给宇航员提供一个清晰、良好的视野，也是航天员生命保障最关键的部件之一。自 2007 年始，工程研究中心开始宇航服头盔面窗的研发工作，在无任何经验借鉴的情况下，结合面窗的使用环境和使用功能，最后采用光学级聚碳酸酯作为树脂，结合数值模拟技术，设计加工精密模具，采用注射成型方法，研制

出宇航服头盔面窗制品。工程研究中心发展了一整套高端透明塑料件选材、工艺、仿真、模具、检测等共性技术：突破了透明塑料“低应力制造”注射成型与工艺控制技术；突破了高精度镜面模具设计制造技术；建立全套内部质量控制新方法，发展出一套“应力开裂”诊断与预防技术；自主建立了配套完整的高可靠性透明件制造、检测与试验技术标准体系；所研制的头盔面窗具备了高低温环境下的高抗冲击性能、恶劣环境下的防辐射能力和高光谱透过率等特殊功能，为我国载人航天工程做出突出贡献，获得中国载人航天工程突出贡献奖（集体奖）。该项目运用理论、数值和试验分析手段，实现了复杂环境使役透明件“成型—成性—服役性”一体化分析与制造。

2016 年，我国空间实验室任务取得圆满成功，首次实现了我国航天员中期在轨驻留，标志着我国载人航天工程取得了新的重大进展。工程研究中心承担完成了神舟九号与天宫一号交会对接航天服面窗的研制，获得了“空间实验室任务贡献突出的外协单位”表彰。目前，工程研究中心正承担着新一代太空工作站用航天服面窗的研制任务、某军工型号 ××× 的预研任务，还承担着某型号军工水下“×××”的研制任务，这些工作对推动我国航天和军工事业的发展具有重要的意义。

4．材料成形与模具技术国家重点实验室

（1）基本情况　材料成形与模具技术国家重点实验室自 1991 年立项筹建以来，始终面向国家需求，围绕材料成形领域的基本科学问题和学科前沿，开展应用基础研究和技术创新，促进成果应用，引领行业发展，在国民经济和国防建设中发挥了不可替代的作用。

实验室现有固定研究人员 70 余人，其中，中国工程院院士 2 人，杰出青年基金获得者 4 人，长江学者特聘教授 2 人，千人计划学者 6 人；在读博士和硕士研究生 300 余名。近年来，共投资 8 000 多万元建设了先进的材料性能测试分析平台、精密成形技术研究平台、材料制备技术研究平台、增材制造技术研究平台，为开展材料成形领域的基础研究、技术创新、人才培养和对外开放提供了良好的支撑条件。

经过多年的不懈努力，实验室已在材料成形过程模拟理论与方法、数字化模具设计制造技术、增材制造与快速制模技术、精密成形工艺与装备以及先进材料制备与应用等主要研究方向上形成了鲜明的特色和优势，取得了一系列突出成果。先后获得了国家自然科学奖、技术发明奖和科技进步奖 10 余项，省部级奖励 50

余项。近几年来，共发表 SCI 学术论文 1 000 余篇，获授权发明专利 300 余项。研究成果已在国内 2 000 余家企业、研究机构或高校中获得应用，解决了航空航天、汽车、家电、机械等领域的成形制造和模具技术难题，促进了行业技术进步，在国民经济和国防建设中发挥了重要的作用。与此同时，实验室的国际影响力也在不断增强，研究成果被国际学术界评价为相关领域发展历史上的里程碑，研究团队被誉为是一支富有创新能力的研究队伍，并被国际知名公司评选为“全球最佳创新合作伙伴”。

（2）科技成果　模具相关成果：注射成形过程模拟软件系统 HSCAE、冲压成形过程模拟软件系统 FASTAMP、铸造成形过程模拟系统 HZCAE、模具生产管理系统、注射模设计系统、覆盖件模设计系统、多工位级进模设计系统、激光烧结成形机 / 激光熔化成形机、高性能金属陶瓷工模具材料。

5．模塑制品教育部工程研究中心

大连理工大学模具研究所成立于 1986 年，是全国高校中最早成立的模具技术科研机构之一。模具研究所成立的初衷是基于我国改革开放之初模具工业的落后状况，以大连理工大学在特种加工和精密加工技术领域的科研基础和优势，致力于模具制造技术的开发应用，缩短我国模具制造技术与模具工业发达国家的差距。以模具加工为主要应用背景的“电化学机械加工新工艺”于 1987 年获得国家科技进步奖三等奖，“模具特种加工光整技术”于 1991 年被认定为国家科技成果，“中小型精密注射模具”于 1993 年被认定为大连市高新技术及产品。在研发模具技术基础上，为相关行业设计制造了大量的模具产品。1990—2000 年，设计制造的模具获得国际先进水平模具和国家优质模具奖等 25 项。1992 年，模具研究所被认定为大连市高新技术企业。

模塑制品教育部工程研究中心依托于大连理工大学，以大连理工大学模具研究所为基础，2000 年，获得教育部批准组建；2005 年，通过国家教育部验收；2007 年，与大连德春机械制造有限公司联合成立“大连市模具工程研究中心”；2008 年，常州市模具行业生产力促进中心和江苏长三角模具城发展有限公司联合成立“模塑制品教育部工程研究中心常州分中心”；2010 年，与辽宁省丹东市科技局联合成立“模塑制品教育部工程研究中心丹东分中心”。模塑制品教育部工程研究中心是中国模具工业协会常务理事单位、中国机械工程学会模具制造专业委员会主任委员单位、全国模具标准化技术委员会委员单位，设有辽宁省工

业模具技术服务中心、亚洲国际模具技术教育与研究中心、日本大隈—大连理工大学技术中心、日本三菱电机—大连理工大学技术中心、美国戴维斯标准—大连理工大学技术中心等。

进入 21 世纪，随着我国模具工业的快速发展，模塑制品教育部工程研究中心从着重于模具设计制造技术的开发应用进一步拓展到模具及聚合物成型技术的基础研究，形成了聚合物模塑成型工艺技术、模具设计制造及其计算机辅助技术、模具与复杂零件高精高速加工技术、微成型工艺及其模具技术、聚合物和复合材料制品成型技术等研发方向。率先在国内开展了塑料微成型工艺及其模具设计制造技术的研究开发，研发的微流控芯片成型模具和器件在相关行业得到应用。先后承担了国家“973”计划课题“高聚物成型工艺和模具设计优化”、国家科技支撑计划重点项目“微注射成型与微模具设计制造关键技术研究”以及一批国家自然科学基金项目等，研究内容涉及微注射成型、微挤出成型、微结构热压成型、热塑性复合材料成型、模具设计与成型工艺优化、模具微细加工、模具表面处理、模具高速切削等方面。

模塑制品教育部工程研究中心以聚合物材料模塑成型工艺、精密复杂模具设计与制造一体化的技术和产品开发为优势，从 2000 年开始一直致力于国防军工模塑产品的科研生产，承担了教育部国防科学技术研究重大项目、国防科工委军品生产线技术改造计划项目、国防科技工业局高新二期工程和重点武器装备规划项目以及一批国防军工横向委托项目等，研发的聚合物模塑成型技术及制品应用于包括国家高新工程和杀手锏武器在内的多种型号，被誉为换代产品。为大连理工大学获得国家武器装备科研生产“四证”，起到了重要的支撑作用。

模塑制品教育部工程研究中心在科研和技术开发的基础上，获得国家发明专利（含国防）授权 50 多项，主编出版了《中国模具工程大典（模具制造卷）》《模具制造技术》《注射模具设计与制造实战》《注射模具设计》《冲压模具设计》《压铸模具设计》等专业书籍，主持起草了国家标准 GB/T 8845—2017《模具术语》的塑料模术语部分。

6. 国家家电模具工程技术研究中心

（1）基本情况　国家家电模具工程技术研究中心是以海尔模具为依托单位的国家级模具技术创新平台。该中心定位是集模具基础技术和应用技术研究、开

发、工程化、产业化及人才培养的平台；与高等院校、科研院所、企业紧密合作的产学研平台；面向行业的开放平台。研究对象是家电产品成套工程解决方案，包括家电产品研发和生产所必需的注射模具、冲压模具、吸附发泡模具、检具、夹治具等基础工艺装备。

国家家电模具工程技术研究中心研究方向聚焦行业四大技术领域，解决行业发展的技术难题，提供创新性解决方案。在先进成形工艺与新型模具结构领域，开展大型双色、叠层、转印定制等高端模具技术研究，促进我国家电模具产业向绿色设计、绿色制造的高端产品领域转变，缩短与国际水平差距；在数字化模具技术领域，开展基于 CAD/CAE/CAM 的数字化模具工作站，形成具有自主知识产权的家电模具开发系统，促进行业标准化、模块化水平提升。在高效、精密模具加工技术领域，开展柔性自动化加工线、五轴联动数控加工等先进技术研究与应用，提高加工精度与效率，以满足高端家电模具产品的市场需求。在模具企业信息化管理技术领域，开展模具企业信息化工程技术研究，解决模具行业离散制造过程中动态多变和难以控制等技术瓶颈，提升模具设计制造并行化、无纸化、可视化的目标。

国家家电模具工程技术研究中心的技术带头人和骨干是由企业高工、院士、领域学术带头人组成集理论研究与工程实践于一体的高水平专家团队。国家家电模具工程技术研究中心建立了支撑行业快速发展的人才引进与培养输送机制，建成面向模具行业的高端研发和专业技术人员培训基地。

国家家电模具工程技术研究中心具备在国际模具行业处于领先地位的设备条件及配套设施，建有研发、制造、试制三大基地和试验检测、创客工厂两大服务平台，不仅能够满足工程化研发需要，还能够为创客提供创意到产品的全流程服务。

（2）科研成果　国家家电模具工程技术研究中心近五年来承担研发项目 36 项，其中国家省部级项目 13 项，具备承担国家重大工程化研发项目的能力。针对行业关键、共性和基础技术难题，开展了双色、叠层、转印定制注射模具、数字化工作站、MIM 模具信息管理系统等重大工程化研发任务，研发成果整体水平处于行业领先。获得授权专利 134 项，其中发明专利 34 项，成果转化率超过 95%。获得软件著作权 6 项，通过软件的自主开发和升级，推动我国专业应用软件国产化的发展和进步。

国家家电模具工程技术研究中心采用“三基地、两平台、一部”的组织架

构设置，从整体上满足研究开发和开放服务的两大职能，实现科研—开发—产品—市场的良性循环，保障了国家家电模具工程技术研究中心的可持续发展。同时制订了人才激励、财务、项目与设备管理等一系列制度，保证日常管理规范有序。

国家家电模具工程技术研究中心未来平台建设的目的是支持双创、工业互联网、智能制造三大国家战略，构建模具产学研用生态圈，以三大基地和试验检测平台为载体，进行模具核心技术的研发。以创客工厂为载体，面向社会创客开放，为创客提供工程解决方案服务，实施创新技术的产业化推广。

2.1.3 模具材料研发、生产及供应体系

模具材料是保证模具性能、提高模具质量和服役寿命的关键要素。目前主要使用的模具材料是钢、铸铁、铝合金、硬质合金、铜合金等金属材料和少量非金属材料如陶瓷、石膏、可加工塑料等。目前我国模具材料年消耗量为 150 万 t 左右，其中金属材料约占 95%。

我国模具行业模具材料年消耗量分布见表 2-1。

表 2-1 我国模具行业模具材料年消耗量分布

材料类型	金属材料				非金属材料
	碳钢	合金钢	铸铁	其他	
数量 / 万 t	40	60	40	3	7

注：上表含 8 万 t 左右进口模具钢和 3 万 t 左右进口模具。

2.1.3.1 我国模具材料的研发情况

从中华人民共和国成立到改革开放之前的 20 年间，我国产品制造业和装备制造业所用材料 80% 以上为金属材料，因此，其成形过程所用的模具也以冲压模具、锻造模具、铸造模具、挤压模具为主，它们的数量在所有模具总量中占到 80% 左右。

20 世纪 70 年代末，随着我国改革开放政策的实施，汽车、电子电器、包装、建材等产品制造业快速发展，制造工艺技术的进步，特别是工程塑料的广泛应用，使得制造业对模具的需求急速上升，不仅表现在对模具数量上的大幅增加，更多地表现在对模具的品种、性能和质量的提升方面。20 世纪 80 年代至今模具构成如图 2-12 所示。

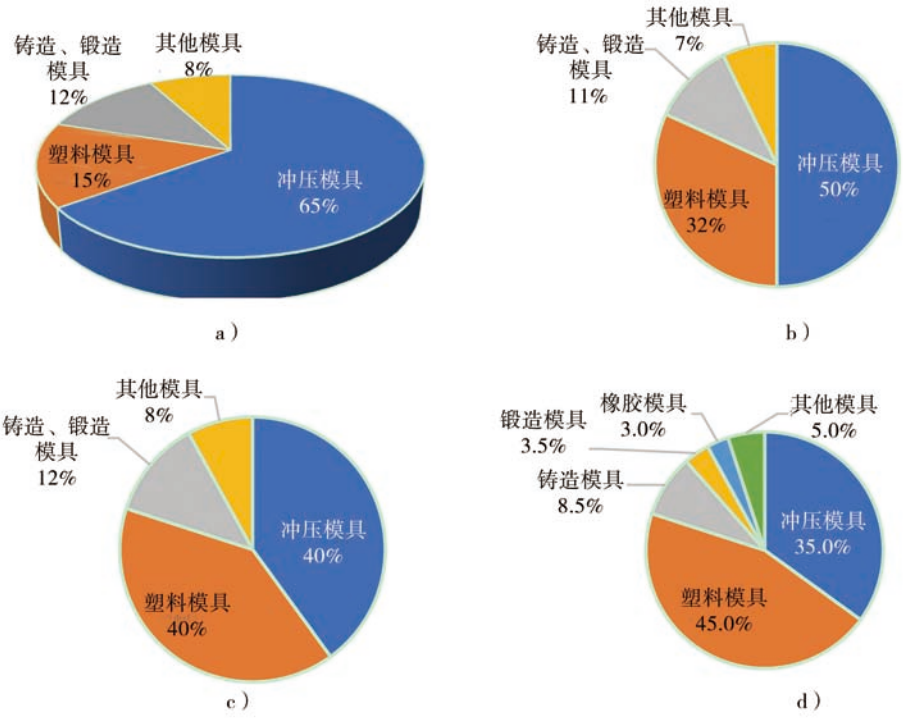


图 2-12　20 世纪 80 年代至今模具构成

a）20 世纪 80 年代初模具构成　b）20 世纪 90 年代初模具构成

c）21 世纪初模具构成　d）目前模具构成

由于材料（或零部件）的模具成形（型）技术不断向高效、精密、自动化方向发展，对模具提出了更精密和更高服役性能的要求，而模具材料，主要是模具钢的研发和应用是实现上述目标的关键环节。我国模具钢的大规模新钢种研制和模具钢应用技术开发主要经历了三个阶段：新钢种研制、钢种的引进及纳标、模具钢性能系列化研究。

1. 模具钢研发和应用情况

从中华人民共和国成立到 20 世纪 70 年代初，我国的模具用钢主要沿用苏联的工模具钢系列转换为我国的钢号的模具钢系列。主要钢种是优质碳素结构钢如 45 钢，低合金结构钢如 40Cr 等，碳素工具钢如 T8、T10 等，中碳低合金钢如 5CrMnMo、5CrNiMo 等，高碳低合金钢如 9SiCr、CrWMn 等，高合金工模具钢如 3Cr2W8V、W18Cr4V、Cr12、Cr12MoV 等，以及一些粉末冶金材料如硬质合金等。由于当时冲压模具占模具的主导地位，冷作模具钢可选用的品种较多，而热作模

具钢大都选用 5CrMnMo、5CrNiMo 和 3Cr2W8V。由于当时用塑料模具加工的塑料品种较少（热固性塑料为主），而且模具数量有限，因此，塑料模具当时在我国还没有专用钢种，一般采用优质碳素结构钢如 45 钢、低合金结构钢如 40Cr 等，必要时也采用通用型不锈钢和热作模具钢。

进入 20 世纪 70 年代，随着我国汽车、内燃机、电工电器、家电、军工等制造业的发展以及新材料和新工艺的大量运用，使得模具成形（型）技术在产品制造业中的地位不断提升，特别是在改革开放初期引进的大量家电、办公自动化设备、建材、包装、汽车零部件等模具成形（型）生产线，对我国的模具制造能力和模具制造水平提出了更高的要求。为提高我国模具技术水平，满足引进生产线模具国产化，国家在“六五”“七五”期间立项支持原冶金部、第一机械工业部进行新型模具钢的研发和应用。原冶金部钢铁研究总院、抚顺钢厂、大冶钢厂、上钢五厂和原一机部的上海材料研究所、北京机电研究所、华中工学院等科研院所和特钢企业按冷作模具钢、塑料模具钢、热作模具钢分别承担了新型模具钢的研发任务。项目组参考国外模具钢发展趋势，结合我国资源和行业特点，研制了多种新型模具钢，填补了我国模具钢系列的空白，取得了明显的技术经济效益。

（1）冷作模具钢　在国内常用的冷作模具钢 T10A、9SiCr、9Mn2V、CrWMn、Cr6WV、Cr12、Cr12MoV、W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2、60Si2WMn 等基础上，根据对冷作模具材料良好的耐磨性、足够的强度和韧性、高的疲劳寿命、良好的抗擦伤和咬合性能以及良好的工艺性能等主要性能要求，结合生产要求，先后研究开发了一系列新型冷作模具钢。

在高强韧耐磨钢方面主要有 7Cr7Mo2V2Si（代号为 LD）、 Cr8MoV3Si（代号为 ER5）、9Cr6W3Mo2V2（代号为 GM）、Cr8MoV2Ti、80Cr7Mo3W2V 等。这些新钢种与 Cr12、Cr12MoV 相比，碳和铬的含量较低，改善了碳化物不均性，提高了韧性；适当增加了 W、Mo、V 等合金元素的含量，从而增强了二次硬化能力，提高了耐磨性。新钢种在具有良好强韧性的同时，还具有优良的耐磨性和较好的综合性能，主要用于制造承受应力较大、要求高强韧性和耐磨损的各类冷作模具。LD 钢已被广泛用于制造冷锻、冷挤、冷冲、冷压、冷弯等承受冲击、弯曲应力较大又要求耐磨损的各类冷作模具；ER5 适用于制造承受冲击力较大、冲击速度较高的精密冷冲、重载冷冲以及要求高耐磨的其他冷作模具；GM 钢适用于制造冲裁、冷挤、冷锻、冷剪、高强度螺栓滚丝轮等精密、高耐磨冷作模具。

在高速钢（基体钢）方面主要有6Cr4W3Mo2VNb（简称65Nb）、6Cr4Mo3Ni2WV（代号CG-2）、5Cr4Mo3SiMnVAl（代号012Al）、6W8Cr4VTi（代号LM1）、6Cr5Mo3W2VSiTi（代号LM2）等，主要用于制造要求高强度和足够韧性的冷挤压、冷冲、冷镦等所用模具。高速钢（基体钢）的热硬性好，所以也用于制造热作模具。65Nb用于制造冷挤压、厚板冷冲、冷镦等承受较大载荷的冷作模具，也可用于温热挤压模具。在低合金冷作模具钢方面主要有7CrSiMnMoV（代号CH）、6MnNiMoVSi（代号GD）、6CrMnNiMoVWSi（代号DS）、CrNiMoV等。这些钢的淬透性好，淬火温度较低，热处理变形小，价格低，具有较好的强度和韧性的配合，适用于制造精密复杂模具。CH钢也称火焰淬火钢，具有良好的强韧性和工艺性，适用于大型模具表面火焰淬火强化，可代替T10A、9Mn2V、CrWMn、GCr15、Crl2、Crl2MoV等制造对强韧性要求较高的冷作模具，如冲孔凹模、中薄钢板（厚2～5mm）的修边落料模等；该钢可以采用火焰加热空冷淬硬，所以也用于制造要求火焰淬火的部分汽车模具。GD钢的淬火温度范围较宽，淬透性好，也可火焰加热空冷淬火，具有良好的强韧性，用于制造易崩刃或断裂的冷冲模具时，模具寿命较高。

为满足电子工业中的某些磁性元件的模具成形，在无磁模具钢方面主要研制了7Mnl5Cr2Al3V2WMo、18Mnl2Crl8NiN（代号A18）、8Mnl5Crl8（代号WCG）、50Wnl8Cr4WN（简称50Mn）等，这些钢的磁导率很低，强度高、耐磨性良好，并有良好的可加工性，可用于不同要求的无磁性模具制造。

（2）塑料模具钢　20世纪70年代中后期到80年代是我国塑料模具发展最快的时期，但我国的塑料模具材料主要是塑料模具钢，尚未形成系列。塑料模具制造大多采用45钢或40Cr钢制作，要求硬度比较高的塑料模具常采用CrWMn或Crl2MoV钢制作，致使某些复杂模具因热处理变形大而不能满足精密模具的技术要求。因此，给进口模具和进口模具钢提供了市场空间。针对上述情况，国内先后开发了十多种新型塑料模具钢。

在预硬化型塑料模具钢方面，有3Cr2Mo（P20）、5CrNiMnMoVSCa（简称5NiSCa）、8Cr2MnWMoVS（简称8Cr2）40CrMnVBSCa（简称BSCa）、Y55CrNiMnMoV（代号SMI）等，其中5NiSCa、8Cr2、BSCa、SMI是易切削型预硬塑料模具钢。该类钢由于具有高的强度和易切削性，适用于制造如电视机、洗衣机壳体等大、中型精密塑料模具，还可用于制造精密冷作模具，也可以用于预

硬化处理，已获得较大量应用。

在时效硬化型塑料模具钢方面，根据制造精度、复杂塑料模具的需要开发的时效硬化型塑料模具钢有 10Ni3MnCuAl （代号 PMS）、25CrNi3MoAl、Y20CrNi-3AIMnMo（代号 SM2）、06CrMoVTiAli（简称 06）等。此类钢加工和抛光性能好，低温时效处理后模具变形较小，所以适用于制造高精度、复杂的热塑性塑料模具。其中 PMS 钢具有优良镜面加工性能，适用于制造要求高镜面、高精度的各种热塑性塑料制品模具，如光学仪器镜片模具，磁带内外壳和电话机、石英钟、车辆灯具等塑料壳体模具；SM2 钢含 0.1% 左右的 S，使可加工性得到了改善，是一种易切削型时效硬化塑料模具钢。开发的耐腐蚀塑料模具钢 OCrl6Ni4Cu3Nb （代号 PCR）属于马氏体沉淀硬化不锈钢，耐氟、氯等卤族元素气体腐蚀的能力较强，适合大批量生产聚氯乙烯、氟化塑料、阻燃塑料等塑料制品所用的模具。

（3）热作模具钢　热模锻技术、热挤压技术和压铸技术的不断发展，使得 5CrMnMo、5CrNiMo 和 3Cr2W8V 热作模具钢不能满足新材料、新工艺对这类热作模具性能的要求。为此，我国开发了多种新型热作模具钢。

1）大截面热锻模具钢。如 45Cr2NiMoVSi （简称 45Cr2）、5Cr2NiMoVSi（简称 5Cr2）、3Cr2MoWVNi、3Cr2MoVNi （代号 B2）等，弥补了 5CrMnMo 和 5CrNiMo 在较大截面和较高温度时热稳定性、热疲劳性及淬透性不够的缺陷。

2）中小热锻模具钢。2Cr3Mo3VNb（代号 HM3）、4Cr3Mo3W2V（代号 HM1）、4Cr3Mo3W4VNb（代号 GR）、3Cr3Mr3VNb、4Cr3Mo2MnVB（代号 KR8）等。这类 3%Cr-3%Mo 和 3%Cr-2%Mo 型的中碳铬系高强度热作模具钢可用于表面温度 600℃以上模具选用，较大程度上克服了 3Cr2W8V 钢的高温强度虽高、但韧性及热疲劳性能较差的缺点。其中 HM3、HM1 钢用于制造 20Crl3 等不锈钢热锻模、轴承套圈凹模等模具，取得了良好的使用效果。GR 钢适用于制造工作温度 600 ～ 700℃的浅型腔中小锻模，也可用于合金热挤压模具。

3）高强韧性、高热疲劳抗力钢。如 4Cr5MoVSi（H11）、4Cr5MoV1Si（H13）、4Cr3Mo2MnVNbB （代号 Y4）、5Cr4W5Mo2V（代号 RM2）和 4Cr5Mo2MnVSi （代号 Y10）、4Cr3Mo2NiVNbB（代号 HD）等。其中 H13 具有优异的韧性和良好的冷热疲劳性能，适用于制造汽车发动机连杆、曲轴锻模和铝合金压铸模具、铝型材热挤压模具以及要求较高的塑料模具等，模具的使用寿命均可较大幅度提高。Y4、Y10 分别适用于铜合金压铸模具和铝合金压铸模具。HD 钢用于制造的铜合金管材挤

压底模和穿孔针的使用寿命较 3Cr2W8V 钢提高一倍左右，并在轴承套圈热挤冲头和凹模、气门挤压底模上也有成功应用的例子。RM2 是机械压力机模块用钢牌号，是中碳钨钼系高热强性热作模具钢，系我国自行研制的热挤压、精密锻造模具钢。该钢是一种多用途基体钢，既可用于热作模具，也可用于冷作模具，已纳入《合金工具钢技术条件》（GB 1299—1985）中。

针对玻璃制品模具要求模具材料具有优良的抗高温氧化性能和冷热疲劳性能、良好的耐芒硝腐蚀性能、足够高的强度、良好的抛光性能及易于脱模要求，开发了代号为 GY 的 Si-Gr-Mo 系预硬高温玻璃模具钢。该钢具有良好的冷热疲劳性能、优异的抗氧化性能、优良的抗热触性能和较高的玻璃黏附温度，适用于制造玻璃熔化或成型温度较高、表面质量要求高的玻璃制品模具。

2. 模具钢的钢种引进和列标

由于世界工业发达国家的模具产业起步早、发展快，其中模具材料，特别是模具钢的研发和应用技术水平高是重要因素。我国在研发新型模具钢过程中的成分设计大多参考了国外技术成熟、应用量大的模具钢的成分结构。为了加快完善我国模具钢体系，“六五”和“七五”期间，国家支持引进部分国外技术成熟、应用量大的合金钢品种，其中对我国模具行业产生影响比较大的模具钢主要是美国的 H 系列热作模具（H11、H13）、 D 系列冷作模具钢（D2、D3）和 P 系列塑料模具钢（P20）。经过系列化性能测试和多领域的应用试验，“六五”期间列入我国钢号标准（GB/T 1299—1985）。这些引进列标的模具钢钢种对当时我国的模具工业起到重要的技术支持，并且在 GB/T 1299—2000 中继续保留这些钢号。直到近期 H13（4Cr5MoSiV1）、D2（Cr12MoV1）、P20（3Cr2Mo）仍是我国模具钢市场上销量最大模具钢种。我国引进模具钢种列标情况（GB/T 1299—2000）见表 2-2。

表 2-2　我国引进模具钢种列标情况（GB/T1299—2000）

引进钢号	我国钢号	成分范围及主要用途
H11	4Cr5MoVSi	w（C）= 0.33% ～ 0.43%，w（Mn）= 0.20% ～ 0.50%，w（Si）= 0.80% ～ 1.20%，w（Cr）= 4.75% ～ 5.50%，w（Mo）=1.10% ～ 1.60%，w（V）= 0.30% ～ 0.60%，w（P/S）≤ 0.030% 适用于高速锤锻模，铝、镁合金热锻模，铝合金挤压模，成形温度高、压力大的塑料模等

（续）

引进钢号	我国钢号	成分范围及主要用途
H13	4Cr5MoSiV1	w（C）= 0.32% ～ 0.45%，w（Mn）=0.20% ～ 0.50%，w（Si）= 0.80% ～ 1.20%，w（Cr）=4.75% ～ 5.50%，w（Mo）=1.10% ～ 1.75%，w（V）=0.80% ～ 1.20%，w（P/S）≤ 0.030% 适用于用于制造冲击载荷大的锻模、热挤压模、精锻模、铝、铜及其合金压铸模，要求高的塑料模，其他热作模具等
D2	Cr12Mo1V1	w（C）=1.40% ～ 1.60%，w（Si/Mn）= 0.30% ～ 0.50%，w（Cr）= 11.00% ～ 13.00 %，w（V）≤ 1.00%，w（Mo）= 0.70% ～ 1.20%，w（Co）≤ 1.00 可用来制造截面大、形状复杂、经受冲击力大、要求耐磨性高的冷作模具、热固塑料成型模等
D3	Cr12	w（C）=2.00% ～ 2.30%，w（Si/Mn）≤ 0.40%，w（P/S）≤ 0.03%，w（Cr）11.50% ～ 13.00% 适用载荷高、冲击力大的冲模，冷挤压模、热固性塑料成型模等
P20	3Cr2Mo	w（C）= 0.28% ～ 0.40%，w（Si）≤ 0.80%，w（Mn）=0.60% ～ 1.00%，w（P/S）≤ 0.03%，w（Cr）= 1.40% ～ 2.00% 适用于注射模，塑料模模架、零件等

3. 模具钢性能系列化研究及应用

由于“六五”“七五”期间大规模的新钢种的开发、进口模具钢的大量涌入以及行业中多年来形成的选材习惯，使得模具行业被推荐使用的模具钢钢种超过60 种，特别是某些新研制钢种合金元素多、成分范围窄，与已有钢种（包括进口模具钢）性能接近，为用户的模具设计选材造成了困难。针对这一情况，国家在“七五”立项对行业推荐的模具钢开展性能系列化研究，以进一步归束模具钢选用范围，降低模具企业选材难度。

通过对当时国内研制的模具钢的性能（为了更接近模具服役状况，增加了热疲劳性能和抗冲击磨损性能）的测试，并与已有钢种（包括进口模具钢）进行对比试验，同时经过多种模具及上百家工厂的实际应用比较，形成了模具钢性能数据库和模具材料选材、应用专家系统。这些成果的推广应用不仅受到模具制造和使用单位的欢迎，也为模具钢的国家标准制修订提供了技术依据。《合金工具钢技术条件》（GB/T 1299—1985）如图 2-13 所示。《合金工具钢》（GB/T 1299—2000）如图 2-14 所示。

中华人民共和国国家标准

UDC 669.15
.018.25

GB 1299—85

合金工具钢技术条件

代替 GB 1299—77

Alloy tool steels—Technical requirements

本标准适用于合金工具钢热轧、锻制、冷拉及银亮条钢。其化学成分也适用于锭、坯及其制品。

表 1

%

序号	钢组	钢号	化学成分										
			C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V	Al	其他
						不大于							
1-1	量具刃具用钢	9SiCr	0.85～0.95	1.20～1.60	0.30～0.60	0.030	0.030	0.95～1.25					
1-2		8MnS	0.75～0.85	0.30～0.60	0.80～1.10	0.030	0.030						
1-3		Cr06	1.30～1.45	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	0.50～0.70					
1-4		Cr2	0.95～1.10	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	1.30～1.65					
1-5		9Cr2	0.80～0.95	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	1.30～1.70					
1-6		W	1.05～1.25	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	0.10～0.30	0.80～1.20				
2-1	耐冲击工具用钢	4CrW2Si	0.35～0.45	0.80～1.10	≤0.40	0.030	0.030	1.00～1.30	2.00～2.50				
2-2		5CrW2Si	0.45～0.55	0.50～0.80	≤0.40	0.030	0.030	1.00～1.30	2.00～2.50				
2-3		6CrW2Si	0.55～0.65	0.50～0.80	≤0.40	0.030	0.030	1.00～1.30	2.20～2.70				
3-1	冷作模具钢	Cr12	2.00～2.30	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	11.50～13.00					Co≤1.00
3-2		Cr12Mo1V1	1.40～1.60	≤0.60	≤0.60	0.030	0.030	11.00～13.00		0.70～1.20	≤1.10		
3-3		Cr12MoV	1.45～1.70	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	11.00～12.50		0.40～0.60	0.15～0.30		
3-4		Cr5Mo1V	0.95～1.05	≤0.50	≤1.00	0.030	0.030	4.75～5.50		0.90～1.40	0.15～0.50		
3-5		9Mn2V	0.85～0.95	≤0.40	1.70～2.00	0.030	0.030				0.10～0.25		
3-6		CrWMn	0.90～1.05	≤0.40	0.80～1.10	0.030	0.030	0.90～1.20	1.20～1.60				
3-7		9CrWMn	0.85～0.95	≤0.40	0.90～1.20	0.030	0.030	0.50～0.80	0.50～0.80				
3-8		Cr4W2MoV	1.12～1.25	0.40～0.70	≤0.40	0.030	0.030	3.50～4.00	1.90～2.60	0.80～1.20	0.80～1.10		
3-9		6Cr4W3Mo2VNb	0.60～0.70	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.80～4.40	2.50～3.50	1.80～2.50	0.80～1.20		Nb 0.20～0.35
3-10		6W6Mo5Cr4V	0.55～0.65	≤0.40	≤0.60	0.030	0.030	3.70～4.30	6.00～7.00	4.50～5.50	0.70～1.10		

GB 1299—85

续表 1

%

序号	钢型	钢号	化学成分										
			C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V	Al	其他
						不大于							
4-1	热作模具钢	5CrMnMo	0.50～0.60	0.25～0.60	1.20～1.60	0.030	0.030	0.60～0.90		0.15～0.30		0.30～0.70	
4-2		5CrNiMo	0.50～0.60	≤0.40	0.50～0.80	0.030	0.030	0.50～0.80		0.15～0.30			Ni 1.40～1.80
4-3		3Cr2W8V	0.30～0.40	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	2.20～2.70	7.50～9.00		0.20～0.50		
4-4		5Cr4Mo3SiMnVAl	0.47～0.57	0.80～1.10	0.80～1.10	0.030	0.030	3.80～4.30		2.80～3.40	0.80～1.20		
4-5		3Cr3Mo3W2V	0.32～0.42	0.60～0.90	≤0.65	0.030	0.030	2.80～3.30	1.20～1.80	2.50～3.00	0.80～1.20		
4-6		5Cr4W5Mo2V	0.40～0.50	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.40～4.40	4.50～5.30	1.50～2.10	0.70～1.10		
4-7		8Cr3	0.75～0.85	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.20～3.80					
4-8		4CrMnSiMoV	0.35～0.45	0.80～1.10	0.80～1.10	0.030	0.030	1.30～1.50		0.40～0.60	0.20～0.40		
4-9		4Cr3Mo3SiV	0.35～0.45	0.80～1.20	0.25～0.70	0.030	0.030	3.00～3.75		2.00～3.00	0.25～0.75		
4-10		4Cr5MoSiV	0.33～0.43	0.80～1.20	0.20～0.50	0.030	0.030	4.75～5.50		1.10～1.60	0.30～0.60		
4-11		4Cr5MoSiV1	0.32～0.45	0.80～1.20	0.20～0.50	0.030	0.030	4.75～5.50		1.10～1.75	0.80～1.20		
4-12		4Cr5W2VSi	0.32～0.42	0.80～1.20	≤0.40	0.030	0.030	4.50～5.50	1.60～2.40		0.60～1.00		
5-1	无磁模具钢	7Mn15Cr2Al3V2WMo	0.65～0.75	≤0.80	14.50～16.50		0.030	2.00～2.50	0.50～0.80	0.50～0.80	1.50～2.00	2.30～3.30	
6-1	塑料模具钢	3Cr2Mo	0.28～0.40	0.20～0.80	0.60～1.00	0.030	0.030	1.40～2.00		0.30～0.55			

GB 1299—85

图 2-13 《合金工具钢技术条件》（GB/T 1299-1985）

ICS 77.140.20
H 40

中华人民共和国国家标准

GB/T 1299—2000

合 金 工 具 钢

Alloy tool steels

GB/T 1299—2000

表 1

统一数字代号	序号	例组	牌号	化学成分,%(m/m)									
				C	Si	Mn	P 不大于	S 不大于	Cr	W	Mo	V	其他
T30100	1-1	量具刃具用钢	9SiCr	0.85～0.95	1.20～1.60	0.30～0.60	0.030	0.030	0.95～1.25				
T30000	1-2		8MnSi	0.75～0.85	0.30～0.60	0.80～1.10	0.030	0.030					
T30060	1-3		Cr06	1.30～1.45	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	0.50～0.70				
T30201	1-4		Cr2	0.95～1.10	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	1.30～1.65				
T30200	1-5		9Cr2	0.80～0.95	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	1.30～1.70				
T30001	1-6		W	1.05～1.25	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	0.10～0.30	0.80～1.20			
T40124	2-1	耐冲击工具用钢	4CrW2Si	0.35～0.45	0.80～1.10	≤0.40	0.030	0.030	1.00～1.30	2.00～2.50			
T40125	2-2		5CrW2Si	0.45～0.55	0.50～0.80	≤0.40	0.030	0.030	1.00～1.30	2.00～2.50			
T40126	2-3		6CrW2Si	0.55～0.65	0.50～0.80	≤0.40	0.030	0.030	1.10～1.30	2.20～2.70			
T40100	2-4		6CrMnSi2Mo1	0.50～0.65	1.75～2.25	0.60～1.00	0.030	0.030	0.10～0.50		0.20～1.35	0.15～0.35	
T40300	2-5		5Cr3Mn1SiMo1V	0.45～0.55	0.20～1.00	0.20～0.90	0.030	0.030	3.00～3.50		1.30～1.80	≤0.35	
T21200	3-1	冷作模具钢	Cr12	2.00～2.30	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	11.50～13.00				
T21202	3-2		Cr12Mo1V1	1.40～1.60	≤0.60	≤0.60	0.030	0.030	11.00～13.00		0.70～1.20	0.5～1.10	
T21201	3-3		Cr12MoV	1.45～1.70	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	11.00～12.50		0.40～0.60	0.15～0.30	Co,≤1.00
T20503	3-4		Cr5Mo1V	0.95～1.05	≤0.50	≤1.00	0.030	0.030	4.75～5.50		0.90～1.40	0.15～0.50	
T20000	3-5		9Mn2V	0.85～0.95	≤0.40	1.70～2.00	0.030	0.030				0.10～0.25	

表 1(续)

统一数字代号	序号	钢组	牌号	化学成分,%(m/m)									
				C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V	其他
							不大于						
T20111	3-6	冷作模具钢	CrWMn	0.90~1.05	≤0.40	0.80~1.10	0.030	0.030	0.90~1.20	1.20~1.60			Nb:0.20~0.35
T20110	3-7		9CrWMn	0.85~0.95	≤0.40	0.90~1.20	0.030	0.030	0.50~0.80	0.50~0.80			
T20421	3-8		Cr4W2MoV	1.12~1.25	0.40~0.70	≤0.40	0.030	0.030	3.50~4.00	1.90~2.60	0.80~1.20	0.80~1.10	
T20432	3-9		6Cr4W3Mo2VNb	0.60~0.70	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.80~4.40	2.50~3.50	1.80~2.50	0.80~1.20	
T20465	3-10		6W6Mo5Cr4V	0.55~0.65	≤0.40	≤0.60	0.030	0.030	3.70~4.30	6.00~7.00	4.50~5.50	0.70~1.10	
T20104	3-11		7CrSiMnMoV	0.65~0.75	0.85~1.15	0.65~1.05	0.030	0.030	0.90~1.20		0.20~0.50	0.15~0.30	

统一数字代号	序号	钢组	牌号	化学成分,%(m/m)										
				C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V	Al	其他
							不大于							
T20102	4-1	热作模具钢	5CrMnMo	0.50~0.60	0.25~0.60	1.20~1.60	0.030	0.030	0.60~0.90		0.15~0.30			Ni 1.40~1.80
T20103	4-2		5CrNiMo	0.50~0.60	≤0.40	0.50~0.80	0.030	0.030	0.50~0.80		0.15~0.30			
T20280	4-3		3Cr2W8V	0.30~0.40	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	2.20~2.70	7.50~9.00		0.20~0.50		
T20403	4-4		5Cr4Mo3SiMnVAl	0.47~0.57	0.80~1.10	0.80~1.10	0.030	0.030	3.80~4.30		2.80~3.40	0.80~1.20	0.30~0.70	
T20323	4-5		3Cr3Mo3W2V	0.32~0.42	0.60~0.90	≤0.65	0.030	0.030	2.80~3.30	1.20~1.80	2.50~3.00	0.80~1.20		
T20452	4-6		5Cr4W5Mo2V	0.40~0.50	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.40~4.40	4.50~5.30	1.50~2.10	0.70~1.10		
T20300	4-7		8Cr3	0.75~0.85	≤0.40	≤0.40	0.030	0.030	3.20~3.80					
T20101	4-8		4CrMnSiMoV	0.35~0.45	0.80~1.10	0.80~1.10	0.030	0.030	1.30~1.50		0.40~0.60	0.20~0.40		
T20303	4-9		4Cr3Mo3SiV	0.35~0.45	0.80~1.20	0.25~0.70	0.030	0.030	3.00~3.75		2.00~3.00	0.25~0.75		

GB/T 1299—2000

表 1(完)

统一数字代号	序号	钢组	牌号	化学成分,%(m/m)										
				C	Si	Mn	P 不大于	S 不大于	Cr	W	Mo	V	Al	其他
T20501	4-10	热作模具钢	4Cr5MoSiV	0.33~0.43	0.80~1.20	0.20~0.50	0.030	0.030	4.75~5.50		1.10~1.60	0.30~0.60		Ni 1.40~1.80
T20502	4-11		4Cr5MoSiV1	0.32~0.45	0.80~1.20	0.20~0.50	0.030	0.030	4.75~5.50		1.10~1.75	0.80~1.20		
T20520	4-12		4Cr5W2VSi	0.32~0.42	0.80~1.20	≤0.40	0.030	0.030	4.50~5.50	1.60~2.40		0.60~1.00		
T23152	5-1	无模具钢	7Mn15Cr2Al3V2WMo	0.65~0.75	≤0.80	14.50~16.50	0.030	0.030	2.00~2.50	0.50~0.80	0.50~0.80	1.50~2.00	2.30~3.30	
T22020	6-1	塑料模具钢	3Cr2Mo	0.28~0.40	0.20~0.80	0.60~1.00	0.030	0.030	1.40~2.00		0.30~0.55			Ni 0.85~1.15
T22024	6-2		3Cr2MnNiMo	0.32~0.40	0.20~0.40	1.10~1.50	0.030	0.030	1.70~2.00		0.25~0.40			

图 2-14 《合金工具钢》（GB/T 1299—2000）

从国标采标情况看，我国的模具钢标准中除引进钢种外，我国“八五”之前开发的模具钢种有近半数列入了 GB/T 1299—2014 中，为丰富我国的模具钢品种、提高我国模具的制造水平做出了贡献。伴随着我国模具工业的发展，新型模具钢的研发和推广应用始终没有停止，针对某些特殊要求的模具开发的新型模具钢大多列入了《工模具钢》（GB/T 1299—2014）中。虽因使用量等因素暂时没有列入国家标准，但在其针对的模具领域的技术进步中发挥着积极的促进作用。正在实施的《中国制造 2025》国家计划，把“高性能工模具钢及应用”列为“十三五”国家重点研发计划。模具钢列入国家标准情况见表 2-3。《工模具钢》（GB/T 1299—2014）如图 2-15 所示。

表 2-3 模具钢列入国家标准情况

研制钢种	代号	列标情况	列标钢号
65Cr4W3Mo2VNb	65Nb	GB/T1299—1985	6Cr4W3Mo2VNb
5Cr4Mo3SiMnVAl	012Al	GB/T1299—1985	5Cr4Mo3SiMnVAl
5Cr4W5Mo2V	RM2	GB/T1299—1985	5Cr4W5Mo2V
4Cr3Mo3SiV		GB/T1299—1985	4Cr3Mo3SiV
3Cr3Mo3W2V		GB/T1299—1985	3Cr3Mo3W2V
7Mnl5Cr2A13V2WMo	WCGX	GB/T1299—1985	7Mnl5Cr2A13V2WMo
7CrSiMnMoV	CH	GB/T1299—2000	7CrSiMnMoV
6CrMnSi2Mo1V		GB/T1299—2000	6CrMnSi2Mo1V

（续）

研制钢种	代号	列标情况	列标钢号
5Cr3Mn1SiMo1V		GB/T1299—2000	5Cr3Mn1SiMo1V
3Cr2MnNiMo		GB/T1299—2000	3Cr2MnNiMo

ICS 77.140.35
H 40

GB

中华人民共和国国家标准

GB/T 1299—2014
代替 GB/T 1299—2000,GB/T 1298—2008

工模具钢

Tool and mould steels

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 1299—2000《合金工具钢》和 GB/T 1298—2008《碳素工具钢》。

本标准与 GB/T 1299—2000 相比主要变化如下：

——标准名称修改为《工模具钢》；

——锻制圆钢、方钢最大直径或边长扩大至 800 mm；热轧扁钢最大规格扩大至 200 mm(厚度)×850 mm(宽度)；锻制扁钢最大规格扩大至 1 000 mm(厚度)×1 500 mm(宽度)；

——修改了热轧圆钢、方钢交货长度及允许偏差规定；

——修改了热轧扁钢尺寸、外形及允许偏差规定；

——修改了锻制圆钢、方钢、扁钢尺寸外形及允许偏差规定；

——增加了热轧盘条、银亮钢棒、机加工交货的钢材尺寸、外形及允许偏差规定；

——增加了交货重量规定；

——增加了刃具模具钢用非合金钢和轧辊用钢两个钢类；

——增加了 55 个牌号及相关技术要求，包括：T7、T8、T8Mn、T9、T10、T11、T12、T13 等 8 个刃具模具钢用非合金钢(即原 GB/T 1298—2008 标准中牌号)，6CrW2SiV 耐冲击工具用钢，9Cr2V、9Cr2Mo、9Cr2MoV、8Cr3NiMoV、9Cr5NiMoV 等 5 个轧辊用钢，MnCrWV、7CrMn2Mo、5Cr8MoVSi、Cr8Mo2VSi、W6Mo5Cr4V2、Cr8、Cr12W、7Cr7Mo2V2Si 等 8 个冷作模具用钢，4CrNi4Mo、4Cr2NiMoV、5CrNi2MoV、5Cr2NiMoVSi、4Cr5MoWVSi、5Cr5WMoSi、4Cr5Mo2V、3Cr3Mo3V、4Cr5Mo3V、3Cr3Mo3VCo3 等 10 个热作模具用钢；SM45、SM50、SM55、4Cr2Mn1MoS、8Cr2MnWMoVS、5CrNiMnMoVSCa、2CrNiMoMnV、06Ni6CrMoVTiAl、2CrNi3MoAl、1Ni3MnCuMoAl、00Ni18Co8Mo5TiAl、2Cr13、4Cr13、4Cr13NiVSi、2Cr17Ni2、3Cr17Mo、3Cr17NiMoV、9Cr18、9Cr18MoV 等 19 个塑料模具钢，2Cr25Ni20Si2、0Cr17Ni4Cu4Nb、Ni25Cr15Ti2MoMn、Ni53Cr19Mo3TiNb 等 4 个特殊用途模具钢；

表 11　刃具模具用非合金钢的牌号及化学成分

序号	统一数字代号	牌　号	化学成分(质量分数)/%		
			C	Si	Mn
1-1	T00070	T7	0.65～0.74	≤0.35	≤0.40
1-2	T00080	T8	0.75～0.84	≤0.35	≤0.40
1-3	T01080	T8Mn	0.80～0.90	≤0.35	0.40～0.60
1-4	T00090	T9	0.85～0.94	≤0.35	≤0.40
1-5	T00100	T10	0.95～1.04	≤0.35	≤0.40
1-6	T00110	T11	1.05～1.14	≤0.35	≤0.40
1-7	T00120	T12	1.15～1.24	≤0.35	≤0.40
1-8	T00130	T13	1.25～1.35	≤0.35	≤0.40
表中钢可供应高级优质钢，此时牌号后加“A”。					

表 12　量具刃具用钢的牌号及化学成分

序号	统一数字代号	牌　号	化学成分(质量分数)/%				
			C	Si	Mn	Cr	W
2-1	T31219	9SiCr	0.85～0.95	1.20～1.60	0.30～0.60	0.95～1.25	—
2-2	T30108	8MnSi	0.75～0.85	0.30～0.60	0.80～1.10	—	—
2-3	T30200	Cr06	1.30～1.45	≤0.40	≤0.40	0.50～0.70	—
2-4	T31200	Cr2	0.95～1.10	≤0.40	≤0.40	1.30～1.65	—
2-5	T31209	9Cr2	0.80～0.95	≤0.40	≤0.40	1.30～1.70	—
2-6	T30800	W	1.05～1.25	≤0.40	≤0.40	0.10～0.30	0.80～1.20

GB/T 1299—2014

表 16　热作模具用钢的牌号及化学成分

序号	统一数字代号	牌　号	化学成分(质量分数)/%										
			C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	Ni	V	Al	Co
6-1	T22345	5CrMnMo	0.50～0.60	0.25～0.60	1.20～1.60	*	*	0.60～0.90	—	0.15～0.30	—	—	—	—
6-2	T22505	5CrNiMo[b]	0.50～0.60	≤0.40	0.50～0.80	*	*	0.50～0.80	—	0.15～0.30	1.40～1.80	—	—	—
6-3	T23504	4CrNi4Mo	0.40～0.50	0.10～0.40	0.20～0.50	*	*	1.20～1.50	—	0.15～0.35	3.80～4.30	—	—	—
6-4	T23514	4Cr2NiMoV	0.35～0.45	≤0.40	≤0.40	*	*	1.80～2.20	—	0.45～0.60	1.10～1.50	0.10～0.30	—	—
6-5	T23515	5CrNi2MoV	0.50～0.60	0.10～0.40	0.60～0.90	*	*	0.80～1.20	—	0.35～0.55	1.60～1.80	0.05～0.15	—	—
6-6	T23535	5Cr2NiMoVSi	0.46～0.54	0.60～0.90	0.40～0.60	*	*	1.50～2.00	—	0.80～1.20	0.80～1.20	0.30～0.50	—	—
6-7	T23208	8Cr3	0.75～0.85	≤0.40	≤0.40	*	*	3.20～3.80	—	—	—	—	—	—
6-8	T23274	4Cr5W2VSi	0.32～0.42	0.80～1.20	≤0.40	*	*	4.50～5.50	1.60～2.40	—	—	0.60～1.00	—	—
6-9	T23273	3Cr2W8V	0.30～0.40	≤0.40	≤0.40	*	*	2.20～2.70	7.50～9.00	—	—	0.20～0.50	—	—
6-10	T23352	4Cr5MoSiV	0.33～0.43	0.80～1.20	0.20～0.50	*	*	4.75～5.50	—	1.10～1.60	—	0.30～0.60	—	—
6-11	T23353	4Cr5MoSiV1	0.32～0.45	0.80～1.20	0.20～0.50	*	*	4.75～5.50	—	1.10～1.75	—	0.80～1.20	—	—
6-12	T23354	4Cr3Mo3SiV	0.35～0.45	0.80～1.20	0.25～0.70	*	*	3.00～3.75	—	2.00～3.00	—	0.25～0.75	—	—
6-13	T23355	5Cr4Mo3SiMnVA1	0.47～0.57	0.80～1.10	0.80～1.10	*	*	3.80～4.30	—	2.80～3.40	—	0.80～1.20	0.30～0.70	—
6-14	T23364	4CrMnSiMoV	0.35～0.45	0.80～1.10	0.80～1.10	*	*	1.30～1.50	—	0.40～0.60	—	0.20～0.40	—	—
6-15	T23375	5Cr5WMoSi	0.50～0.60	0.75～1.10	0.20～0.50	*	*	4.75～5.50	1.00～1.50	1.15～1.65	—	—	—	—
6-16	T23324	4Cr5MoWVSi	0.32～0.40	0.80～1.20	0.20～0.50	*	*	4.75～5.50	1.10～1.60	1.25～1.60	—	0.20～0.50	—	—
6-17	T23323	3Cr3Mo3W2V	0.32～0.42	0.60～0.90	≤0.65	*	*	2.80～3.30	1.20～1.80	2.50～3.00	—	0.80～1.20	—	—
6-18	T23325	5Cr4W5Mo2V	0.40～0.50	≤0.40	≤0.40	*	*	3.40～4.40	4.50～5.30	1.50～2.10	—	0.70～1.10	—	—
6-19	T23314	4Cr5Mo2V	0.35～0.42	0.25～0.50	0.40～0.60	≤0.020	≤0.008	5.00～5.50	—	2.30～2.60	—	0.60～0.80	—	—
6-20	T23313	3Cr3Mo3V	0.28～0.35	0.10～0.40	0.15～0.45	≤0.030	≤0.020	2.70～3.20	—	2.50～3.00	—	0.40～0.70	—	—
6-21	T23314	4Cr5Mo3V	0.35～0.40	0.30～0.50	0.30～0.50	≤0.030	≤0.020	4.80～5.20	—	2.70～3.20	—	0.40～0.60	—	—
6-22	T23393	3Cr3Mo3VCo3	0.28～0.35	0.10～0.40	0.15～0.45	≤0.030	≤0.020	2.70～3.20	—	2.60～3.00	—	0.40～0.70	—	2.50～3.00

[a] 见表 19。

[b] 经供需双方同意允许钒含量小于 0.20%。

GB/T 1299—2014

表 17　塑料模具用钢的牌号及化学成分

序号	统一数字代号	牌　号	化学成分(质量分数)/%													
			C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	Ni	V	Al	Co	其他
7-1	T10450	SM45	0.42～0.48	0.17～0.37	0.50～0.80	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—
7-2	T10500	SM50	0.47～0.53	0.17～0.37	0.50～0.80	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—
7-3	T10550	SM55	0.52～0.58	0.17～0.37	0.50～0.80	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—
7-4	T25303	3Cr2Mo	0.28～0.40	0.20～0.80	0.60～1.00	*	*	1.40～2.00	—	0.30～0.55	—	—	—	—	—
7-5	T25553	3Cr2MnNiMo	0.32～0.40	0.20～0.40	1.10～1.50	*	*	1.70～2.00	—	0.25～0.40	0.85～1.15	—	—	—	—
7-6	T25344	4Cr2Mn1MoS	0.35～0.45	0.30～0.50	1.40～1.60	≤0.030	0.05～0.10	1.80～2.00	—	0.15～0.25	—	—	—	—	—
7-7	T25378	8Cr2MnWMoVS	0.75～0.85	≤0.40	1.30～1.70	≤0.030	0.08～0.15	2.30～2.60	0.70～1.10	0.50～0.80	—	0.10～0.25	—	—	—
7-8	T25515	5CrNiMnMoVSCa	0.50～0.60	≤0.45	0.80～1.20	≤0.030	0.06～0.15	0.80～1.20	—	0.30～0.60	0.80～1.20	0.15～0.30	—	—	Ca:0.002～0.008
7-9	T25512	2CrNiMoMnV	0.24～0.30	≤0.30	1.40～1.60	≤0.025	≤0.015	1.25～1.45	—	0.45～0.60	0.80～1.20	0.10～0.20	—	—	—
7-10	T25572	2CrNi3MoAl	0.20～0.30	0.20～0.50	0.50～0.80	*	*	1.20～1.80	—	0.20～0.40	3.00～4.00	—	1.00～1.60	—	—
7-11	T25611	1Ni3MnCuMoAl	0.10～0.20	≤0.45	1.40～2.00	≤0.030	≤0.015	—	—	0.20～0.50	2.90～3.40	—	0.70～1.20	—	Cu:0.80～1.20
7-12	A64060	06Ni6CrMoVTiAl	≤0.06	≤0.50	≤0.50	*	*	1.30～1.60	—	0.90～1.20	5.50～6.50	0.08～0.16	0.50～0.90	—	Ti:0.90～1.30
7-13	A64000	00Ni18Co8Mo5TiAl	≤0.03	≤0.10	≤0.15	≤0.010	≤0.010	≤0.60	—	4.50～5.00	17.5～18.5	—	0.05～0.15	8.50～10.0	Ti:0.80～1.10
7-14	S42023	2Cr13	0.16～0.25	≤1.00	≤1.00	*	*	12.00～14.00	—	—	≤0.60	—	—	—	—
7-15	S42043	4Cr13	0.36～0.45	≤0.60	≤0.80	*	*	12.00～14.00	—	—	≤0.60	—	—	—	—
7-16	T25444	4Cr13NiVSi	0.36～0.45	0.90～1.20	0.40～0.70	≤0.010	≤0.003	13.00～14.00	—	—	0.15～0.30	0.25～0.35	—	—	—
7-17	T25402	2Cr17Ni2	0.12～0.22	≤1.00	≤1.50	*	*	15.00～17.00	—	—	1.50～2.50	—	—	—	—
7-18	T25303	3Cr17Mo	0.33～0.45	≤1.00	≤1.50	*	*	15.50～17.50	—	0.80～1.30	≤1.00	—	—	—	—
7-19	T25513	3Cr17NiMoV	0.32～0.40	0.30～0.60	0.60～0.80	≤0.025	≤0.005	16.00～18.00	—	1.00～1.30	0.60～1.00	0.15～0.35	—	—	—
7-20	S44093	9Cr18	0.90～1.00	≤0.80	≤0.80	*	*	17.00～19.00	—	—	≤0.60	—	—	—	—
7-21	S46993	9Cr18MoV	0.85～0.95	≤0.80	≤0.80	*	*	17.00～19.00	—	1.00～1.30	≤0.60	0.07～0.12	—	—	—

* 见表 19。

GB/T 1299—2014

表 18　特殊用途模具用钢的牌号及化学成分

序号	统一数字代号	牌　号	化学成分(质量分数)/%													
			C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	Ni	V	Al	Nb	Co	其他
8-1	T26377	7Mn15Cr2Al3V2WMo	0.65～0.75	≤0.80	14.50～16.50	*	*	2.00～2.50	0.50～0.80	0.50～0.80	—	1.50～2.00	2.30～3.30	—	—	—
8-2	S31049	2Cr25Ni20Si2	≤0.25	1.50～2.50	≤1.50	*	*	24.00～27.00	—	—	18.00～21.00	—	—	—	—	—
8-3	S51740	0Cr17Ni4Cu4Nb	≤0.07	≤1.00	≤1.00	*	*	15.00～17.00	—	—	3.00～5.00	—	—	Nb_1 0.15～0.45	—	Cu:3.00～5.00
8-4	H21231	Ni25Cr15Ti2MoMn	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.020	13.50～17.00	—	1.00～1.50	22.00～26.00	0.10～0.50	≤0.40	—	—	Ti_1:1.80～2.50 B_1:0.001～0.010
8-5	H07718	Ni53Cr19Mo3TiNb	≤0.08	≤0.35	≤0.35	≤0.015	≤0.015	17.00～21.00	—	2.80～3.30	50.00～55.00	—	0.20～0.80	Nb+Ta[b]: 4.75～5.50	≤ 1.00	Ti_1:0.65～1.15 B≤0.006

* 见表 19。

[b] 除非特殊要求，允许仅分析 Nb。

GB/T 1299—2014

图 2-15　《工模具钢》(GB/T 1299—2014)

4. 其他模具材料的研发和应用

随着模具成形工艺技术的不断进步，高效、高精度、长寿命、经济性高的模具的需求量日益增多，因此，仅仅使用模具钢已经不能满足这类模具的用材要求。为此，我国参照国外技术，研制和开发了大量非钢模具材料，取得了较好的应用效果，完善了模具材料体系。

（1）硬质合金及钢结硬质合金　硬质合金是在高硬度难熔金属的碳化物（WC、TiC 等）粉末中加入一定量（一般是 10% ～ 20%）的钴、镍（Co、Ni）等金属做粘合剂，经烧结制备成的碳化物和金属粘合剂的新合金。硬质合金具有很高的硬度、强度、耐磨性和耐蚀性，如 WC-Co 系硬质合金的硬度可达 80HRC 以上，仅次于金刚石。硬质合金发明以来，很快用于制作切削刀具、采探工具、

测量量具、精密轴承等耐磨零件，经不断改进后广泛用于拉丝模具、电机铁心硅钢片冲模、电子插接件和电子元器件多工位高速（每分钟冲次可达数百次至数千次）级进冲压模具、拉深模具、冷挤压模具等高精密模具的制造。WC-Co 系硬质合金制作的模具除比合金工具钢（包括高速钢）制模具在耐磨性、刚度和热稳定性方面具有更好的表现外，使用寿命可达到合金钢模具的数十倍。为了进一步提高硬质合金的性能，国内已开发出超细粒度硬质合金，其 WC 晶粒尺寸平均在 1 μm，硬度和抗弯强度有大幅度提高，制作微型电动机转子及彩色显像管电子枪等零件的级进模，其精度及寿命比普通硬质合金模具进一步提高。

硬质合金是一个庞大的家族，根据硬质相和粘合剂品种及配比不同，实际应用的硬质合金品种可达上百种。我国为模具行业研发并主要应用的硬质合金模具材料主要是 WC-Co 系的 YG 系列硬质合金，如 YG6、YG8、YG11、YG15、YG20 等。

我国模具行业主要应用的硬质合金见表 2-4。

表 2-4　我国模具行业主要应用的硬质合金

牌号	质量分数（%）			力学性能				
	WC	Co	TiC	密度 /（g/cm³）	硬度 / HRA	抗弯强度 / MPa	抗压强度 / MPa	弹性模量 / MPa
YG6	94	6	–	14.6 ～ 15.0	89.5	1 400	4 600	62 000
YG6X	93.7	6	0.3	14.6 ～ 15.0	91.0	1 450	4 600	–
YG6A	92.0	6	02.0	14.6 ～ 15.0	92.0	1 450	4 600	–
YG8	92.0	8	–	14.5 ～ 14.9	89.0	1 500	4 470	–
YG15	85.0	15.0	–	13.9 ～ 14.1	87.0	2 100	3 660	54 000
YG20	80	20	–	13.4 ～ 13.7	85.6	2 600	3 500	–
YG20C	80	20	–	13.4 ～ 13.9	82-84	1 800	3 600	50 000

注：来源于《热处理手册》4 版，2008，2 卷 395。

钢结硬质合金是以难熔金属化合物（WC、TiN、TiCN 等）为硬质相、以钢做黏结相制成的硬质合金。由于含有大量钢基体，钢结硬质合金兼有碳化物的硬度与耐磨性和钢的良好力学性能，并具有可锻造、热处理和机加工的特点。因此，钢结硬质合金在模具行业的应用也得到广泛关注。应用试验表明，采用 DT 钢结硬质合金制作电机定、转子冲裁和落料模，使用寿命是 Cr12 型钢模具 20 多倍，是 YG20C 硬质合金模的 2 倍。我国模具行业应用的钢结硬质合金见表 2-5。

表 2-5　我国模具行业应用的钢结硬质合金

牌号	硬质相及含量质量分数（%）	硬度 HRC		抗弯强度 / MPa	冲击韧度 /（J/cm²）	密度 /（g/cm³）
		加工态	工作态			
TCMW50	WC-50	35 ～ 42	66 ～ 68	2 000	8 ～ 10	10.2
DT	WC-40	32 ～ 38	61 ～ 64	2 500 ～ 3 600	1.8 ～ 2.5	9.8
GW50	WC-50	35 ～ 42	66 ～ 68	1 800	1.2	10.2
GW40	WC-40	34 ～ 40	63 ～ 64	2 600	9	9.8
GJW50	WC-50	34 ～ 38	65 ～ 66	2 000	7	10.2
GT33	TiC-33	38 ～ 45	67 ～ 69	1 400	4	6.5
GT35	TiC-35	39 ～ 46	67 ～ 69	1 400 ～ 1 800	6	6.5
GTN	TiC-25	32 ～ 36	64 ～ 68	1 800 ～ 2 400	8 ～ 10	6.7
TM6	TiC-25	35-38	65	2 000	-	6.6

注：资料来源于《热处理手册》。

（2）铸铁　由于铸铁具有良好的成形性、自润滑性、高速切削性和经济性，正在成为汽车覆盖件及其他大型冲压件的拉深模具等模具工作部分的主要选用材料。根据不同要求，这些模具主体部分如大型拉深模具的凸模、凹模和压边圈选用灰铸铁、合金铸铁和球墨铸铁制造。 我国在 20 世纪 90 年代就开始应用实型铸造技术生产大型冲压件模具，并开发了适用于冲模用的铸铁品种。进入 21 世纪，在我国汽车制造业高速发展的市场拉动下，汽车车身大型冲模的铸造技术得到快速发展，不但模具铸件质量与国际水平接近，而且开发出灰铸铁（HT250）、合金铸铁（铜 Cu- 铬 Cr、钼 Mo- 钒 V、铜 Cu- 钼 Mo- 钒 V 系铸铁）和球墨铸铁等系列铸铁品种。到目前为止，我国在京津冀、华东、华南等地区专为汽车覆盖件及大型冲压件模具配套建立的铸造厂超过 10 家，设计生产能力超过 30 万 t，铸件质量和生产水平不仅满足了国内每年 2 500 万辆汽车生产和 300 个左右新车型对这类模具的需求，而且保证了近 5 000 万美元的模具出口。

铸铁的另一个用量较大的模具类型是玻璃模具。由于玻璃制品成型工艺特性，特别是模具型腔表面反复与 950 ～ 1 150℃的熔融玻璃接触，因此，要求模具材料必须具备高的抗氧化性能、良好的导热性、优异的热疲劳特性和致密均匀的组织结构。除了特殊要求下采用不锈钢或耐热合金外，大多情况下采用低合金铸铁和球墨铸铁。我国是玻璃模具制造大国，在玻璃模具材料研发和应用方面也做了

大量工作，开发出了 Cu-Cr 灰铸铁、Cr-Mo-Cu 灰铸铁、低 Sn 灰铸铁、V-Ti 灰铸铁等灰铸铁和球墨铸铁、蠕墨铸铁等玻璃模具铸铁材料，满足了我国玻璃模具生产需要。

（3）铝合金　目前铝合金作为模具材料主要用于形状复杂但承载力较小、成形温度较低的制品成形模具，如汽车内饰件模具和子午线轮胎模具花纹块的制作。前一类模具主要指汽车内饰件中最为关键的部分如主地毯、行李箱侧板、行李箱地毯、衣帽架、门和顶棚等“软内饰件”成形用模具。这类制件形状复杂、尺寸较大，型腔部分的模具材料大多采用 ZL104（w_{Si}=8.0% ～ 10.5%）或强度更高的 ZL105（w_{Si}=4.5% ～ 5.5%，w_{Cu}=1.0% ～ 1.5%）铸造铝合金。后一类模具多采用镁的质量分数 4% ～ 6% 的铝镁合金，如 AC7A（w_{mg}=3.6% ～ 5.5%）的铝镁合金（相当我国牌号 ZL302），其耐蚀性好，容易进行阳极氧化而得到硬质保护膜，是一种伸长率大、可加工性好的铝镁系合金，除特别适于轮胎模具花纹块外，也可用于其他模具制作。

（4）铜合金　目前，在模具制造中应用最多的是 w_{Be}=0.2% ～ 2.75% 的铜基合金，俗称铍青铜。铍青铜是沉积硬化型合金，固溶时效处理后具有很高的强度、弹性极限和疲劳极限，而且耐低温、无磁性、热导性高。由于具有高温性能、导热性好和优良的综合力学性能等特点，铍青铜可用于制作特殊要求的模具零件或模具，如电子元器件的封焊模具，压铸模头，精密注射模中的零件如内镶件、模芯、热流道冷却系统、导热嘴和吹塑模具的整体型腔等。我国还开发了高导电（热）性、高强度、耐磨性、耐高温性、高韧性、耐金属液侵蚀相结合的高性能铍青铜模具材料和铝青铜模具材料，解决了模具易裂、易磨损问题，提高了模具的寿命、脱模速度和铸件强度，改善了铸件表面质量，降低了生产成本。

2.1.3.2　我国模具材料的生产

由于模具服役环境不断变化，模具材料（主要是钢铁材料）的生产必须满足模具向高精密、高速度、高载荷、高寿命方向发展的技术要求和低成本、短交货期的供货条件。

在模具钢的化学成分（合金元素）确定的前提下，其纯净度、组织细化程度和均匀性是决定模具服役性能的关键因素。精炼、精密锻造、组织预处理是提高模具钢（包括部分合金铸铁）纯净度、组织细化程度及均匀性的主要手段。我国从 20 世纪 70 年代中后期开始，在引进国外技术的基础上开展了工模具钢的炉外精炼（包括真空精炼）和电渣重熔（ESR）的试验研究和应用试验，某些试验钢

种的“有害杂质”（如P、S等）含量降低一个数量级，同时控制氢（H）、氧（O）元素残留含量，使冲击韧度提高了1～3倍；采用电渣重熔和精锻技术可使大直径棒材的等向性指标（棒材表层与心部冲击韧度值之比）由0.6左右提高到0.8以上；采用钢厂推荐（开发）的热处理工艺（包括组织预处理技术），多种试验模具的使用效果达到采用进口模具钢或进口模具的水平。目前，我国工模具钢主要生产企业如东北特钢、宝钢特钢、舞阳钢厂、长城钢厂等均具备了模具钢精炼、精密锻造生产技术装备，制定了相应的技术标准。这些企业生产的高品质工模具钢，占据了我国模具钢市场的半壁江山。

随着硬质材料加工技术的发展和应用，使预硬化钢技术快速进入模具，主要是塑料模具的设计制造过程。采用预硬化钢的实质是，模具热处理工序由模具厂转移到了模具钢生产或供应企业。这一模具制造流程的优化，提高了模具的制造质量，缩短了模具制造周期，降低了模具制造成本。我国模具行业采用预硬化钢开始于20世纪90年代中期，材料来源主要是进口模具钢。我国规模化生产预硬化模具钢（如P20）是在20世纪90年代末，目前可以生产厚度500mm（H13）至800mm（P20）的预硬化钢模块。

我国的特钢企业现在大多具备了生产纯净度高、等向性高的精制棒材、型材和预硬化模块的能力，虽然总体水平与进口模具钢还有差距，但由于较高的性价比，仍占据着我国模具钢市场的主导地位。

2.1.3.3 我国模具材料的供应

模具生产具有多品种、小批量的特点和以销定产的经营特点，决定了模具材料的供应成为模具制造业提高模具质量、缩短模具交货期、降低模具制造成本的关键环节。我国模具材料（主要是模具钢）供应方式变化大体经过三个阶段：模具厂直接向生产厂采购模具钢，国外模具钢在我国的销售供应模式，中资模具（钢）材料公司与国外模具钢（技术）公司并行经营的供应体系。

20世纪80年代中期前后，我国模具企业所需的模具材料（模具钢）几乎全部由模具厂直接向模具钢生产企业采购。由于模具钢生产企业生产的规格有限，模具生产企业往往需要自身解决模块的下料、锻造（形状改锻）和热处理工艺，采购周期长，模块质量不稳定。

20世纪80年代中后期，国外模具钢开始大量进入我国模具市场，它们的销售和供应模式，为正在快速发展的我国模具工业提供了模具材料供应的新理念。特别是品种多、规格全、型材精度高，加之与热处理结合的售前、售后服务模式，

这些优势使得国外模具钢很快赢得了我国高端模具钢的主要市场份额。目前进入我国工模具钢市场的企业来自美国、日本(3～5家)、德国、瑞典、法国、韩国(2～3家)、奥地利等国家，但进入我国市场较早、品牌影响力较大的模具钢企业有瑞典一胜百（ASSAB）、奥地利百禄（BOHLER）、德国蒂森（THYSSEN）、日本大同（DAIDO）等。20世纪90年代中期国外进入我国市场的主要模具钢的牌号对照见表2-6。

表2-6　20世纪90年代中期国外进入我国市场的主要模具钢的牌号对照

ASSAB（瑞典标准）	BOELLE（奥地利标准）	THYSSEN（德国标准）	AISI（美国标准）	DIN（德国标准）	JIS（日本标准）	GB（中国标准）	主要成分（%）							
							G	Cr	W	Mo	V	Si	Mn	Ni
DF-2	K460	THYRODUR25	O1	1.251 0	SKS3	9CrWMn	0.95	0.6	0.6	0.1		0.3	1.1	
XW-10	K305	THYRODUR23	A2	1.236 3		Cr6WV	1.0	5.3		1.1	0.2			
XW-5	K107	THYRODUR24	D6	1.243 6		Crl2	2.1	12.0	0.7/1.3			0.3	0.3	
XW-41	K110	THYRODUR23	D2	1.237 9		Crl2MoV	1.55	12.0		0.7/0.8	0.9			
635H							0.6	4.5		0.5	0.2			
VANADI							1.5	8.0		1.5	4.0			
	K720	THYRODUR25	O2	1.284 2			0.9	0.4			0.1		2.0	
	K600	THYRODUR27	6F7	1.276 7			0.45	1.4		0.3				4.0
VIKING							0.5	8.0		1.5	0.5	1.0	0.5	
8402			HL3	1.234 4	SKD61	4Cr5MoV1	0.38	5.3		1.3	0.9	1.0		
8407	W302	THYTHERM23	HL3	1.234 4	SKD61	4Cr5MoV1	0.4	5.0/5.3		1.3	0.9/1.0	1.0		
QRo-90							0.4	2.6		2.25	0.9			
	W321	THYTHERM28	H10A	1.288 5			0.39	2.8		2.8	0.5			Co 2.8
	W100		H21	1.258 1	SKD5	3Cr2WHV	0.3	2.7	8.5		0.4			
	W108		H19	1.267 8			0.41	4.3	4.3		1.9			
	W300	THYTHERM23	H11	1.234 3	SKD6	4Cr5MoSi1	0.38	5.3		1.3	0.4	1.0		

（续）

ASSAB（瑞典标准）	BOELLE（奥地利标准）	THYSSEN（德国标准）	AISI（美国标准）	DIN（德国标准）	JIS（日本标准）	GB（中国标准）	主要成分（%）							
							G	Cr	W	Mo	V	Si	Mn	Ni
		THYTHERM27	6F3	1.271 4			0.56	1.1		0.5	0.1			1.7
ASP-60							2.30	4.0	6.5	7.0	6.5			Co 10.5
ASP-30							1.27	4.2	6.4	5.0	3.0			Co 8.5
ASP-23			M3:2				1.28	4.2	6.4	5.0	3.1			

20 世纪 90 年代中期，随着我国模具生产专业化程度提高和数字化设计制造技术的普及，特别是塑料模具的快速发展，对模具材料的品种、质量和供应方式提出了更高的要求。参照国外模具钢销售供应模式，我国冶金系统和模具行业纷纷建立专业的模具材料销售公司。目前，我国模具材料（模具钢）市场上经营规模较大的专业公司在 150 家左右，年销售各类模具钢 60 万 t 左右。这些模具钢销售公司大多与模具钢生产企业有密切的合作关系（特别是特钢集团建立的销售公司），有的还开发了自己的钢号系列，产品进入了国际市场。

我国已建立起了包括中资企业、外资企业、中外合资企业在内的较为完整的模具材料供应和应用技术服务体系，销售供应的材料品种有 200 余个、规格近千种，其中 90% 以上由专业公司经营。这些公司大都设立在模具产业集聚区，布局比较合理。

2.1.4 模具标准件的生产供应体系

模具标准件是指相对通用的模具零件或部件如模架、顶杆、推管、热流道、弹簧、导柱 / 导套、斜楔等，是模具的重要组成部分。模具标准件的专业化生产和商品化供应，对缩短模具设计制造周期、降低模具生产成本、提高模具质量具有重要的技术经济意义。实践证明，广泛应用标准件可大幅缩短模具设计制造周期（降低 25% ～ 40%），显著提高模具的制造精度和使用性能，优化模具设计制造流程。

我国的模具标准件专业化生产起步于 20 世纪 70 年代的冲模模架，但由于当时的模具标准件生产量小、标准化程度低、生产技术落后，模具行业对标准件的采用率较低。20 世纪 90 年代初，香港龙记集团（世界四大模架制造商之一）在广东建立型腔模标准模架厂，推动了我国模具标准件生产和应用的快速发展。到

90 年代末，我国模具制造中，标准件采用率接近 50%。

紧跟我国模具工业的迅速崛起对模具标准件形成的巨大市场需求，日本盘起工业株式会社和米思米集团公司分别于 1997 年和 2003 年在大连和上海建立公司，专业生产塑料模具热流道系统的马斯特（Mold Masters）公司和柳道（YUDO）公司也于 2005 年前后在苏州建立工厂。这些世界级公司的模具标准件开发、生产和经营模式，深刻地影响着我国模具标准件生产和应用技术的发展以及模具标准件生产和供应体系的建立。目前我国模具标准件专业生产厂家超过 200 家（其中热流道生产厂家 70 家左右），推动我国模具行业标准件采用率提高到 80% 以上。随着模具设计制造技术的进步，新的模具标准件类型和规格还会不断出现，许多模具零件经过适当的标准化处理后也可作为“模具标准件”而进行专业化生产，这方面的研究工作已在很多模具上开展，将进一步提高我国模具标准件的采用率和模具制造水平。

我国模具标准件销售和供应主要有三种方式：厂家直销、遍布模具产业集聚区的实体销售网点（大部分为代销，目前在国外的销售大多采用代销模式）和利用物联网技术的电子商务模式。除少数特殊要求的模具需要进口外，我国制造的模具标准件基本满足了我国模具制造对标准件的需求。

2.1.5 人才培训体系

模具制造业是一个技术、资金、人才密集的行业。我国模具工业的发展历程表明，人才问题既是我国模具行业实现“由小到大”的重要因素，也是我国模具行业实现“由大转强”的制约因素。

我国模具行业在 1980—2010 年 30 年间，模具加工企业由 3 000 家左右增加到 3 万家，从业人员从不到 10 万人增加到近百万人，考虑到退休、转行等因素，每年平均有 3 万人进入模具行业。我国各级政府、行业、企业非常重视人力资源的开发、使用对模具行业发展的支撑作用，结合我国社会发展实际，逐步建立起了以教育部门、行业组织、企业为主体的多层次模具人才培训体系，在我国模具行业“由小到大”进程中发挥了重要作用。

我国的模具人才培训主要是按技术人员、操作人员、经营管理人员三个层面进行的。这三个层面人员的培训又根据我国模具行业经历的机械化、数字化、信息化发展阶段而有所侧重，2000 年之前，主要是对技术人员、操作人员的培训；2000 年以后，特别是“十二五”以来，对经营管理人员的培训逐步开展，仅广东、浙江地区就有 30 多位模具企业家，在当地政府的支持下接受了 MBA 或 EMBA 培训。

同时，众多民办培训机构（包括国外的培训机构）开始进入我国模具人才培训体系。

对技术人员的培训工作主要由高等院校承担。20 世纪 80 年代初，许多工科院校设立了模具专业和模具技术研究机构，在完成学历教育的同时也承担了技术人员的知识更新工作。通过产学研结合承担研究开发项目和在企业建立院士工作站、博士（后）工作站方式，也为企业培训了大量技术人员。

对操作人员（技能人才）的培训是政府、行业、企业更为关注，也是投入人力、物力和资金最多的工作。在模具技能人才培训队伍中，我国上千所高职高专、中职中专职业教育院校是主力军，其中 80% 以上的学校设立有机械制造、模具、数控加工、计算机应用等专业，或开设有模具设计、模具制造工艺、CAD 软件应用、数控加工编程、金属工艺学、模具材料与热处理等与模具设计制造相关的课程，建立有大量与模具制造技术相关的实验室和实训基地，每年为制造业培养数万名具备专业知识和基本技能的年轻力量，其中每年有 1 万人左右进入模具行业；中国模具工业协会人才培训部与部分大中专院校、企业建立了近百个模具人才培训基地，主要承担模具技能人才的培训和在岗人员短期的技术、技能培训；企业培训主要是职工的在岗培训，如新入职员工的上岗培训、职称评审（评定）过程中的取证培训、知识更新专题培训、定期在岗培训等。

20 世纪 90 年代后期以来的 20 年中，接受我国现有三级模具人才培训体系培训的每年平均达 2 万人次，70% 以上行业从业人员接受过不同层面的培训。

2.1.6 模具专业化生产体系

模具专业化生产是指模具类型、品种的专业化生产和尽可能多地采用商品化的模具标准件、模具零部件和模具材料的模具生产方式。由于类型不同、应用环境的差异，使得模具设计制造所采用的技术、加工设备、模具材料、执行标准、厂房建设和人员配置存在巨大差别。因此，主业的选定和产品定位是模具企业发展的关键因素。模具专业化生产可以更有效地整合行业资源，提高模具的制造质量，缩短制造周期，降低生产成本；有利于提升企业的创新能力及品牌影响力，有利于提升整个行业的核心竞争力与市场竞争力。模具专业化生产是经国际模具制造业发展经验证明的先进的模具生产模式。

（1）我国模具的专业化生产起步较晚　改革开放之前，我国的独立模具厂（全部为国营）和产品生产厂中的模具生产部门（分厂、车间、工段、班组）多为各种模具都生产的“全能模具厂”，由于技术力量分散、设备落后，只能靠增加人员来完成任务，导致生产效率低下。第一机械工业部多次下文以期推

动模具专业化生产，但限于体制机制的约束，进展不大。

（2）我国模具的专业化生产得到快速推进　改革开放之后，我国实行了有计划的市场经济政策，我国模具的专业化生产开始走上快车道。经济体制改革、民营企业兴起以及外资（合资）企业的进入，大大加快了我国模具专业化生产的推进速度。国营模具厂（包括产品生产厂中的模具生产部门）的改制，使国有模具企业在我国模具行业比重大幅降低的同时，摈弃了“全能模具厂”的经营模式；民营模具企业从创立开始就是按照市场经济规律确定自己的主营方向，因此，专业化程度较高；外资独资、合资模具企业沿袭了外资企业的经营模式，为我国模具生产的专业化发挥了示范作用。

（3）我国模具基本实现专业化生产　经过 30 多年的改革发展，我国的模具专业化生产程度已经接近国际先进水平，在我国成为世界模具制造大国的和模具出口大国的进程中发挥了重要作用。随着信息化、智能化、“互联网 +”技术的发展和应用，模具专业化生产也将有新的形态和评价方式，专业化生产在模具制造业发展过程中，特别是在我国模具“由大转强”中所起的作用只会加强。1980—2015 年我国模具的专业化程度见表 2-7。

表 2-7　1980—2015 年我国模具的专业化程度

时间	主业明确度（%）	标准件采用率（%）	行业专业化生产程度（%）
1980—1990 年	30	20	30
1990—2000 年	70	50	60
2000—2015 年	90	80	80

注：按 GB/T 8845—2017《模具　术语》模具分 12 大类，模具企业在主业选定时必须根据模具用途在 12 大类模具的二级目录中选取，如冲模中的“汽车覆盖件模具”、注射模中的“汽车内饰件模具”、橡胶模中的“橡胶轮胎模具”等。在我国目前的制造业产品结构和“模具成形”技术结构条件下，可以作为模具企业主业选定的模具类型在 100 个左右。

2.2　我国模具产业得到快速发展

2.2.1　制造业快速发展的市场拉动和各级政府产业政策支持

在我国制造业快速发展的市场拉动下，模具在国民经济中的重要地位日渐突出。我国政府对模具产业的发展给予了高度关注和大力支持。1984 年，机械工业部在通用零部件局设立模具处，与同年成立的中国模具工业协会合署办公；1986 年，两委一部（国家计委、国家经委、机械工业部）转发中国模具工业协会《关

于振兴模具工业的报告》；1987 年，模具作为产品首次列入《国家机电产品目录》，国家经委发出《关于优先安排模具规划建设项目的通知》，表明国家对模具重要性的重视和对发展模具工业的支持。1989 年，在《国务院关于当前产业政策要点的决定》中，模具再次被列在最重要的位置。1992—2007 年，国务院及有关部门又先后在一些文件中明确对模具工业的发展给予鼓励和支持，包括模具被列入《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录》和《鼓励外商投资产业目录》等。其中，国家对我国模具工业发展支持力度最大的项目是经国务院批准，自 1997 年开始，国家对部分专业模具生产企业模具产品实行增值税先征后返的政策。12 年间，我国模具行业先后有近 300 家企业享受过这一政策（前 9 年返还率 70%，后 3 年改为 50%），返还金额达 17 亿多元。享受增值税返还的模具企业严格遵守政策规定，将返还税款全部用于企业技术改造和科技开发，企业模具设计制造水平有了很大的提高，模具生产年均增速达到 20%，比行业平均水平高出约 4 个百分点。这一政策的实施，促进了大企业（集团）模具车间（分厂）的改革改制，推动了模具行业的结构调整和专业化生产。

国家在对模具产业发展支持的同时也十分重视对模具技术研发的投入。我国政府在“六五”“七五”“八五”期间，列专项支持模具技术研发；在“十一五”的支撑项目和科技重大专项项目中，也有相当数量的模具项目；模具项目还经常出现在“国家自然科学基金”“863”等基础理论和高技术项目之中。在国家创新驱动发展战略和《中国制造 2025》国家项目实施中，有 17 家模具企业根据国家发改委发布的项目指南，申报并承担了国家发改委“产业振兴、技术改造”项目；6 家模具企业中标承担了工信部“强基工程”项目。

在国家有关部门对模具工业的重视、支持下，我国模具产业发达地区的地方政府如北京、上海、天津、福建、湖南、广东、辽宁、大连、哈尔滨、宁波、黄岩、余姚、昆山、黄骅、成都等地也先后出台了鼓励、支持当地模具产业发展的扶持政策，不仅促进了当地模具产业发展，也为我国模具工业的发展做出了贡献。

2.2.2 数字化设计制造技术普及与提高

模具数字化设计制造技术是在数字空间中实现工件模具设计与制造的过程，包括模具的三维可视化设计、虚拟成形、虚拟装配、虚拟制造等相关制造环节。核心技术包括成形零件计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工艺设计（CAPP）、成形零件计算机辅助工程（CAE）分析、模具结构三维 CAD 设计和模具零件计算机辅助制造（CAM）数字化加工等 CAD/CAE/CAM 一体化集成系统技术。

1. 模具设计制造过程数字化技术研究现状

目前，CAD 软件平台都是面向所有的几何形状和结构设计要求，可适用于任何行业的设计要求，但由于不具备专业领域知识，其使用效率低。为此，CAD 软件提供商开始发展面向行业的专业 CAD 技术。在模具行业，针对模具设计和制造要求，国际上著名的 CAD/CAM 软件厂商纷纷推出了功能完善、操作方便的专用模具 CAD/CAM 系统，如 Siemens 公司的 NX、法国达索公司的 CATIA 和 SolidWorks、美国 PTC 公司的 Pro/E、英国达尔康公司的 DelCAM、法国 Missler 公司的 TopSolid、以色列 Cimatron 公司的 Cimatron E、日本 UNISYS 公司的 CADCEUS 等常用三维设计软件，都开发了有相应的冲模和注射模专用设计系统。许多第三方的软件公司也在这些通用的 CAD 软件平台上开发了冲模和注射模的设计系统。这些系统为模具设计过程中的每项设计活动提供了相应的功能模块，并将模具设计知识融入这些功能模块中。同时还提供了丰富的模具标准件和典型结构库，可帮助设计人员快速地完成模具设计任务。这些系统在国外的模具企业已获得广泛应用，在我国也有部分企业在使用。近年来，面对模具行业对 CAD/CAM 技术的强劲需求，国内不少研究单位和公司针对国内企业的特点，在通用 CAD 技术（系统）之上，开发了面向模具行业的 CAD/CAM 集成系统，达到了较高的实用水平。如华中科技大学的材料成形与模具技术国家重点实验室、上海交通大学的模具计算机辅助设计国家工程研究中心、浙江大学旭日科技开发公司、北航海尔软件有限公司、北京艾克斯特科技有限公司、山大华天软件有限公司、武汉益模软件科技有限公司等。其中，华中科技大学基于 NX 研发了覆盖件模 CAD 系统、注射模 CAD 系统，已在东风汽车、北京比亚迪、青岛海信、广东科龙、深圳康佳、深圳群达行、深圳麦斯优联（斯洛模具）、美的模具、广东毅昌等许多公司应用，取得了良好的效益，具备一定的行业影响力。海尔模具也开发了基于 NX 的注射模设计系统，并与企业的生产制造系统实现了集成。

目前，CAM 技术主要包括零件数控加工指令生成技术和虚拟加工仿真技术。Siemens 的 NX、PTC 的 Pro/E、达索的 CATIA、Cimatron 的 Cimatron 等软件，在提供 CAD 技术的同时，也提供 CAM 技术，从而在统一的设计模型下实现 CAD/CAM 无缝集成。为了提高 CAM 技术的应用效率，也有些软件开发商专门研究 CAM 技术，提供专业的 CAM 系统，如 PowerMill、HyperMILL、WorkNC 等。由于专业技术水平较高，这些系统在 CAM 方面的表现非常突出，零件的加工质量和效率都较高，受到很多企业的青睐。国内也有相关单位如华中科技大学、北京

北航海尔软件有限公司等，为了克服 CAM 编程方面存在的效率低、易出错、对编程人员要求高的问题，开展了基于知识的自动 CAM 编程技术的研究，以提高 CAM 编程的效率和质量。广东的一些软件公司也基于模具企业的需求，开发了基于 PowerMill 等系统的 CAM 自动化编程模块，由于价格低廉，贴合企业的需求，受到企业的欢迎。另外，近几年，随着柔性加工单元技术的出现，CAM 技术也从单纯的数控加工编程扩展到数控加工过程控制。德国的思威公司、美国的 3R 公司等都开发了面向柔性加工单元的 CAM 技术。

模具 CAE 技术是模具成形过程的数值模拟技术，它为模具设计过程中的成形工艺设计提供决策支持。在模具设计过程中加强前期的分析仿真，可尽早预测出可能的成形缺陷，发现设计存在的问题，从而提高成形工艺和模具结构设计的水平，减少试模的工作量，降低模具制造成本，缩短模具新产品的设计制造周期。目前，国际上著名的注射成形模拟软件有 MOLDFLOW、Moldex3D；冲压成形（锻造成形）模拟软件有 DYNAFORM、PAM-STAMP、AUTOFORM、DEFORM 等；铸造模拟软件有 CastCAE、ProCAST、SIMULOR 等。国内在成形过程模拟技术方面的研究工作已达到国际先进水平，开发的成形模拟系统与上述国际著名软件水平相当。在注射成形模拟技术方面，有华中科技大学的华塑 CAE、郑州大学的 Z—CAE；在铸造模拟技术方面，有华中科技大学的华铸 CAE、清华大学的 FT-STAR；在冲压成形模拟技术方面，有华中科技大学的 FASTAMP、湖南大学的板料 CAE 分析系统、吉林大学的 KMAS 等。由于 CAE 技术是独立发展起来的一门技术，它主要通过零件模型的数据交换文件来获得模具设计信息，需要在不同系统间切换，易出错，因而给应用带来不便。为解决这一问题，华中科技大学、吉林大学、大连理工大学等，将 CAE 系统直接嵌入 CAD 系统使设计和分析过程实现了无缝集成。设计人员可直接在 CAD 系统下完成成形过程的模拟，且模拟结果可直接反馈到设计系统；而设计人员对模具的设计修改又可直接反馈到 CAE 系统进行分析。这种方式实现了 CAE 分析的透明化应用，极大地简化了设计分析应用的难度，提高了设计分析的效率和质量。

随着 CAE 技术的发展，CAE 技术在模具企业的应用越来越深入。一方面，CAE 技术开始参与到模具 CAD 设计过程的许多重要环节，如对工件的成形性能进行分析和评估，或者通过 CAE 仿真进行优化设计，以获得最佳的工艺方案和工艺参数、增强工艺的稳定性、降低材料消耗、提高生产效率和产品的质量等。如 AUTOFORM 开发了同步工程模块，可以模拟冲压模具设计过程中各个环节的

板料变形情况。另一方面，CAE 技术开始扩展到模具结构的模拟。在华中科技大学在 NX 平台上，建立了注射模结构有限元模型，分析了注射过程中的模具变形和传热情况，对模具进行强度、刚度校核，预测模具的破坏方式和模具的寿命。华中科技大学还开发了基于 NX 的级进模工作过程运动仿真系统，以确定级进模的运动和干涉情况。

2. 模具设计制造过程数字化技术应用现状

近几年，国内许多注射模企业，如东莞汇美模具塑胶有限公司、青岛海信模具有限公司、格力电器模具厂、广州毅昌精密模具厂等企业，在深化 CAD 设计应用方面，投入了大量的财力和人力，各自建立了适合自己企业特点的模具 CAD 专用设计系统，极大地提升了设计能力和企业核心竞争力。在冲模方面，一汽模具制造有限公司、天汽模具有限公司、四川成飞集成汽车模具有限公司、北京比亚迪模具有限公司、上海赛科利汽车模具技术应用有限公司、东莞中泰模具股份有限公司等企业都一直不断深化模具 CAD/CAE/CAM 技术的应用，建立了适合于企业模具数字化设计制造集成系统。

总的来看，目前我国模具企业 CAD 技术的应用水平，华南区域技术应用方面略高于华东区域，但多停留在仅能够解决模具中的设计制作问题方面，对如何更加有效地发挥现有软件的效率，尚存在一定的差距。企业的模具设计制造信息化技术的应用水平参差不齐。从目前相关模具企业的应用现状来看，模具设计信息化技术总体上可分为以下 4 个层次：

1）2D 设计为主，3D 设计为辅。该设计方法主要以 2D 设计软件（AutoCAD）为设计工具，进行模具的总体方案以及结构和零件的详细设计，仅对复杂的模具型腔进行 3D 设计（这主要由于型腔形状较复杂，2D 难以表达清楚。另外，型腔采用数控加工，需要 3D 的模型数据）。这种设计方法 3D/2D/CAM 设计采用不同的软件系统，导致无法采用并行设计的方法组织设计，图档不一致，CAD 和 CAM 不能有效地集成在一起，易出错，修改不方便，审核麻烦。目前，国内有很大一部分模具企业（特别是冲模企业）是采用这种方法进行模具设计的。

2）3D 设计为主，2D 设计为辅。该设计方法采用 2D 的 CAD 软件进行方案设计，采用 3D CAD 软件进行模具结构和零件的详细设计，然后将设计结果转换到 AutoCAD 软件，出零件图。这类设计方法能够快速地进行方案设计，最终的模具设计结果直观，能够较容易地发现设计错误。但是，有些设计人员为了提高设计效率，通常采取简化的方式设计模具结构和零件，这就会导致一些错误的结

果不易被发现。因此，采用这种方法设计，要尽量避免简化。目前，有不少的覆盖件模具和注射模具企业采用这种方法进行模具设计。

3）采用专用的 3D 设计软件。目前，CAD/CAM 软件开发商都提供了相应的模具设计专用软件。国内已有部分用户使用这类专用的模具 CAD 系统进行模具设计，如用 NX 的 MoldWizard 设计注射模，用 NX 的 PDW 设计级进模等。也有一些企业，如康佳模具公司、北京比亚迪模具公司、上海赛科利模具公司、美的模具公司等，根据其制订的内部设计规范，委托华中科技大学在通用三维 CAD 软件基础上定制开发相应的设计工具，以提高设计效率，减少错误。目前，这些设计工具功能越来越齐备，已基本覆盖模具设计的所有环节，如注射模的冷却系统、顶出系统、物料清单（BOM）、孔表、标准件、标准模架、排气系统等，覆盖件模具的工件展开、中间工序设计、拉深工艺补充模设计、翻边线展开、修边模块设计等，并已渐渐商业化。由于这类设计软件包含了大量的模具设计知识，减少了设计人员繁重的低价值的重复“造型”工作，设计结果的准确性和设计效率都得到大幅度地提高。

4）协同设计与并行设计。产品开发的周期越来越短，要求模具必须快速交付。在短时间内，要完成设计、制造、试模、改模等工作，任务复杂艰巨，如果无法快速完成设计，制造时间就不够，无法按期完成。协同设计与并行设计是加快设计速度的有效方法之一。这种设计方法就是在三维 CAD 软件技术支持下，多人协同完成一副模具的设计工作。它不仅可极大地提高设计效率，而且可充分利用设计人员资源。另外，由于设计知识被很好地保存在整个系统中，设计人员的流失对企业的设计活动影响也较小。但应用这种设计方法，对企业的设计规范、标准化水平、设计管理水平要求都较高。目前，在我国模具行业中，少数高水平的模具企业已基本掌握了模具协同和并行设计基本方法，如富士康、康佳、海尔等。部分企业在学习使用，但由于缺少规划，效果不是很理想；部分大企业希望实现并行设计，但缺少可行的方法；多数中小模具企业由一人独立承担模具设计任务，无并行设计需求。

在 CAM 技术应用方面，由于数控加工机床已成为模具的基本加工装备，因此，CAM 技术的应用在国内已非常普及。只是多数企业采用人工编程，编程质量和效率依赖编程人员的经验，很多企业经常会因编程问题，出现加工质量不能满足要求或导致碰刀事故，造成浪费。目前，已有很多企业开始重视应用虚拟仿真技术模拟加工过程，以发现编程中可能存在的问题；重视优化编程技术，

以提高加工效率和质量。另外，由于模具加工人员流动大，导致加工质量难以保证。实现 CAM 的自动化和智能化，一直是模具企业的迫切需求。华中科技大学为厦门汇佳精密模具有限公司开发了 CAM 编程自动化软件，利用数据挖掘和人工智能技术，从公司现有编程实例中提取了 CAM 模板，然后采用基于面元功的几何特征识别方法，判别加工零件的相似性，基于零件相似性及数控加工单元模板，实现了模具加工工艺快速编制与自动数控加工编程，在企业取得了较好的应用效果。

成形过程模拟技术对提高模具设计质量、减少试模次数的作用已受到模具企业的关注。国内虽有很多企业购置了相应的模拟分析软件，但模拟分析并没有作为设计过程中必需的流程加以规范使用，加上成形过程模拟分析需要用到专门的知识，而掌握这方面知识的人才又较缺乏，导致部分模具企业的模拟分析软件成了摆设。目前，仅有管理规范、人员素质较高的大型覆盖件模具和注射模具企业全面采用了 CAE 技术，但是 CAE 与 CAD 的集成还没有实现。在某些模具企业，仍然存在着设计人员更相信经验而轻视模拟结果的现象。

2.2.3 模具数字化设计与制造技术发展趋势

随着网络技术、计算机技术、制造技术的快速发展，制造业数字化技术的内涵也在不断丰富，新的技术不断涌现。目前，模具数字化设计制造呈现集成化、网络化和智能化的趋势。

1）设计制造过程的全三维无纸化。由于现有的制造管理模式的制约，多数模具企业都是通过图样对模具零件的加工过程进行管理。这就使得模具企业在完成模具的三维设计后，还需要花费大量的时间进行二维工程图的绘制，绘制时间约占整个设计时间的 50%，而且容易出错。实际上，采用二维工程图的方式管理模具零件的制造过程，主要是为了标注加工要求，这是传统的二维设计方法所遗留下来的问题。如果直接在三维设计模型上标注设计和加工要求，并通过产品数据管理（PDM）系统对设计模型进行管理与维护，则制造部门就可通过产品数据管理（PDM）系统直接获取设计模型进行加工工艺的编制与工件的加工，从而避免使用图样交换信息，实现设计制造过程的全三维无纸化，提高设计制造效率和质量。

2）全流程信息系统的协同化、云端化。模具企业从接订单到最后的模具交付整个过程中，各项活动间使用的信息系统互相制约。如果各系统以“孤岛”的形式互相独立使用，必将导致各部门间条块分割，生产效率降低。只有整个过程中相关活动所使用的信息化应用系统协同工作，才能取得良好的效果。这就必须

从全流程的角度，实现这些系统间的信息集成和共享，并通过流程管理技术实现整个过程的控制与优化。从而使企业的各个部门能够并行协同地完成模具设计制造任务，达到效益最大化。随着互联网、物联网等技术的发展，模具“云制造”的概念被提出，它是通过网络把模具制造的线上与线下、人与物、虚拟与现实、工艺与知识、客户与制造单位全部或者部分基于互联网来进行。DelCAM 公司开发了云制造模型交换管理软件 DelCAM Exchange。目前，大多数 CAD/CAM 企业都推出相应的 CAD/CAM 云终端软件、云平台等。

3）设计制造过程的智能化。2013 年，德国政府在汉诺威工业博览会上提出的“工业 4.0”战略中指出：智能工业将成为制造业自动化发展新的方向。在当前竞争日益激烈、劳动力成本不断增加的全球化市场环境里，想要敏捷的、高质量地满足客户定制化和多元化的需求，势必要求模具企业将智能制造水平的提升提高到重要的战略位置。目前，模具的设计制造过程主要依赖设计制造人员的经验，设计制造的质量和可靠性因人而异。实现设计制造过程的智能化，就是要减少对人的依赖，以提高模具设计制造的可靠性和质量，缩短设计制造周期。而实现设计制造过程智能化的关键，是要基于知识工程的方法，研制开发出基于知识的模具设计制造系统。该系统不仅可在设计制造人员的指导下完成模具设计制造过程中的主要任务，还可通过自学习完善并丰富所拥有的知识，使系统的能力不断增强。同时，该系统还能将模拟仿真技术无缝地集成在一起，预测设计制造存在的缺陷，优化模具的设计与制造，从而提高模具设计制造的可靠性。人工智能和大数据技术已在 CAM 中获得了初步的应用，以后将会逐渐在 CAD 和 CAE 等更多的数字化设计和制造领域获得应用。

2.2.4 信息化技术开发与应用

企业信息化就是采用计算机技术对企业生产和经营过程的人、财、物、活动（设计、制造）等进行管理，包括经营管理、财务管理、物料管理、生产管理、企业资源管理、产品开发管理和办公管理等，以提高管理水平和效益。针对这些管理，目前已发展一系列技术，如企业资源规划（ERP）、项目管理（PM）、客户关系管理（CRM）、供应链管理（SCM）和制造执行系统（MES）等。

1. 模具企业信息化技术研究现状

模具企业作为订单型单件生产企业，其规模一般较小，属于中小型企业。其生产经营活动中所关联的资源、物料、财务、人员及组织结构等都相对比较简单。但是，由于订单的随机性、设计制造过程的不确定性、试修模的动态多变性，导

致模具企业的生产计划复杂多变，生产过程难以控制，因此，生产管理就成为模具企业管理信息化的关键。国内外一些著名的信息化管理系统如 SAP、用友、金蝶等，由于是基于 MRPII 思想开发的，难以处理模具企业生产过程中出现的问题。目前，很少有模具企业能够利用这些系统来管理其生产。为此，国内外一些研究机构和公司，针对模具企业的特点，开发了专用的模具企业信息化管理系统。通常这些系统是以模具生产过程管理为基础，集成了订单管理、物料管理、资源管理、人员管理等。如日本的不二精机株式会社开发的模具企业管理系统，主要是以模具企业的模具生产管理模式为基础开发的，可对模具企业从接订单到交付模具的整个过程进行管理，并可实时查看生产过程中的各种相关信息，从而对生产过程进行控制。目前，该系统在国内主要是通过代理进行销售和服务的。法国 Sescoi 公司开发的 Workplan 是针对订单型制造企业研发的管理系统，该系统主要解决订单型生产企业的生产计划管理，也可适用于模具企业，已开始在国内进行销售。在国内，尽管围绕模具企业管理特点开展管理信息化技术研究工作的单位较多，如华中科技大学、山东大学、广东工业大学、大连理工大学、郑州大学等，但目前推出了商业化系统，并在行业获得应用的主要有武汉益模软件科技公司、深圳市伟博思技术有限公司、宁波高新区海迪科技有限公司、台湾方天科技软件集团、深圳模德宝科技有限公司等。武汉益模软件科技公司是专业开发模具企业管理信息化系统的公司，该公司针对模具的生产特点，开发了模具企业管理信息化系统模具生产管理系统，可从企业接订单到最后交付模具整个过程进行管理，包括订单管理、资源管理、设计管理、制造工艺管理（CAPP）、物料管理、生产管理、动态优化调度管理等，并可根据生产进展情况进行优化的生产调度，以控制模具交付期。模具企业管理信息化系统已在国内超过 150 家模具企业获得应用，取得了良好的效果。深圳伟博思科技有限公司是我国较早开展模具企业管理系统研究与开发的单位之一，其推出的 I-M3 系统，可对模具企业的整个生产过程进行管理，包括订单管理、物料管理、资源管理、生产管理、财务管理等，在国内也有不少的用户。

随着社会的发展，我国制造业的人工成本不断提高，给模具企业造成极大的成本负担，而且企业招工困难；另一方面，据统计，模具行业大多设备的有效利用率不到 50%，即加工零部件的时间不到开机时间的 50%，大部分时间均浪费在操作工为了加工零部件而做的大量准备工作中。例如寻找零部件、寻找零部件对应的程序、装夹、碰数分中、输入参数等，而在这个过程中设备是完

全闲置的。因此，模具企业急需新型自动化和智能化加工模式，减少人工，提高机床的使用率，从而提升企业的生产效率，降低生产成本。但是，模具企业生产过程动态多变，零件种类多，形状和尺寸差别大，实现自动化和智能化的难度很大。武汉益模软件科技公司和华中科技大学合作，开发了电极检测自动化单元技术。

2. 模具企业管理信息化技术应用情况

模具生产过程难以控制、模具交付期难以保证，一直是困扰模具企业的管理瓶颈问题。目前我国模具企业的生产设备与国外的差距越来越小，但在制造能力和模具的品质方面，与国外的差距较大，主要原因是国内模具企业比较关注对设备的投入，模具生产的组织和管理理念落后。随着模具市场竞争的日趋激烈，我国大多数模具企业已深刻认识到采用信息化技术提升企业的管理水平的重要性。但是，由于企业的管理水平、人员素质以及其对管理信息化认知程度的差异性，企业管理信息化的应用水平也就存在很大的差异，主要可分为以下三类。

（1）单元管理技术的应用　国内大多数模具企业的管理信息化还是停留在单元管理技术的应用上，主要包括办公管理、订单管理、财务管理、物料管理、人员管理等。这些管理信息化技术不需要全员参与，因而实施应用相对简单。但仅使用这些管理信息化技术并不能解决企业所面临的生产管理的核心问题。

（2）实施了全过程管理信息化，但效果不明显　目前，国内有部分企业为了提高企业的管理水平，对整个过程实施了信息化管理技术。但是，由于各种原因，却没有起到应有的效果，管理信息化系统处于半瘫痪或瘫痪状态。造成这一结果有企业自身原因，如企业本身的管理基础较差、采用作坊式生产模式、无规范的工艺管理、管理执行力不够、缺乏掌握信息化技术的人才等，也有提供管理信息化技术服务商的原因，如信息化技术实施过程中未能很好地了解企业需求、不能针对企业特点进行定制开发、不能对企业实施应用过程中遇到的问题给出对应的解决方案，未能为企业实施流程再造提供咨询服务等。

（3）实施了全过程管理信息化，取得了显著效果　国内一些具有良好管理基础、人员素质较高、对管理信息化具有较深刻理解的模具企业，如一汽模具制造有限公司、天汽模具有限公司、国盛精密模具有限公司、海尔模具有限公司、珠海格力大金模具有限公司、上海赛科利汽车模具技术应用有限公司、百年科技有限公司、宁波双林模具有限公司等，实施了全过程的信息化管理，包括订单管

理、物料管理、制造工艺管理、生产管理、资源管理、计划管理等，使企业的模具制造质量、模具的准时交付率都得到极大提高，模具制造成本也得到有效的控制。这些企业之所以能够成功实施全过程的管理信息化技术，关键是其本身的管理基础好，人员素质普遍较高。在实施管理信息化之前，模具的整个制造过程实现了零件化生产，具有规范的工艺管理和良好的流程管理模式，且企业的执行力强，高层领导足够重视，并有专门的队伍负责与服务商对接，以维护整个系统的正常运行和完善。

在自动化、智能化方面，海尔模具有限公司通过将简单的、重复性的工作抽出来，用机械手代替人工，开发了自动化模具生产线。百年科技有限公司、珠海格力大金模具有限公司、北京比亚迪模具有限公司等也开始在模具生产中引入自动化单元技术。

总体上，我国模具企业信息化技术应用水平还相对较低，需要进一步加强面向模具行业管理信息化技术的研究开发工作、人才培养工作以及推广应用工作。

3. 模具企业管理信息化技术发展趋势

（1）生产过程的自动化　以前，自动化生产技术主要是针对批量生产型或流程生产型企业而言的。但是，随着数控加工技术的发展，特别是柔性加工单元技术的逐渐普及应用以及控制和信息采集技术的发展，使得单件小批量、多品种生产型企业采用自动化生产技术也成为可能。对于模具制造企业而言，只要在模具设计标准化、模具制造工艺标准化等方面建立良好的标准体系，并采用大规模客户化定制设计制造技术、物料的自动化传输技术、柔性加工单元技术、加工现场数据实时采集技术、工件自动装夹技术等，就有可能实现自动化的生产（或者部分的自动化生产）。从模具制造业的特点来看，专业化程度较高的模具企业特别适合实施自动化生产技术。据报道，国外已有专业生产手机模具的企业实现了自动化生产，取得了良好的效果。采用自动化生产技术可极大地提高模具制造质量和效率，能够快速地响应客户需求并取得规模经济效益。它改变了传统的模具制造模式，是模具制造业的一场革命。

实现全面的自动化是模具企业未来发展的必然趋势，同时，信息自动化在提升企业制造水平和竞争力方面发挥着越来越重要的作用。采用专业信息化技术构筑企业内部信息平台，使企业内部信息得到流通和共享，是实现企业信息自动化的基础和前提。然而，要真正实现企业信息自动化，必须以生产信息的自动感知为基础，以生产信息的快速融合、传输为保障，以生产信息的自动集

成共享为目标。射频识别技术、物联网技术以及工业机器人技术为实现这一目标提供了有利的技术支持。

（2）模具企业的数字化　数字化模具企业的基本特征就是从企业接单到交付模具的整个过程，都实现了全数字化的设计、制造与管理，且其制造过程具有自动化的特征。它将引领模具制造业的发展方向，成为高质量、高效率的代表。德国“工业 4.0”和《中国制造 2025》中提到的一个重要思想是将产品制造过程在数字化空间内进行完整表示，然后通过物联网方式，与实际的制造生产进行连接，将制造的数字空间与物理空间结合在一起，用数字化空间的设计制造结果对物理空间的实际制造过程进行监控，并对实际制造的结果进行反馈和验证，不断循环，提高制造的质量和效率。

2.2.5　骨干企业队伍成长壮大

改革开放以来，我国模具行业迅速崛起的最重要标志是成长起了一大批三资、国有、民营骨干模具企业。在我国模具行业实现“由小到大”的进程中，这支骨干模具企业队伍不断发展壮大，始终担当着主力军的重任。

改革开放初期，我国的模具制造单位（厂、分厂、车间）90% 为国有企业。在我国经济体制改革过程中，国有模具企业的改革与其他制造业国有企业一样，虽然艰难，但 30 年来始终没有停下脚步。尽管他们在向市场经济转换中受到体制机制的掣肘而发展速度不够快，但国有企业具有的技术、人才和特殊领域的市场优势，通过公司制、股份制改造和建立合资企业等方式的改制，仍然占据着某些关键领域（如汽车覆盖件制造业、电子与信息产业、家电制造业等）模具制造商的领军位置，并为合资企业、民营企业输送了大量的技术人才。只是在企业数量和模具产能的比重方面，随着我国模具工业的发展大幅度下降。

外资独资企业（含港资、台资）和合资企业具有技术先进、经营管理水平高、市场信息灵通等优势，在我国中高端模具设计制造方面始终占据重要位置，也为民营企业的创业发展提供了人才、技术和经营理念。

民营企业是我国模具行业发展最快的一支力量。灵活的决策、经营机制，使他们及时把握行业发展动向和机会，迅速成长为某些细分领域模具制造的中坚力量。民营企业在我国模具行业中无论是企业数量还是模具产能，都处于行业首位。

1985—2015 年我国模具企业构成见表 2-8。

表 2-8　1985—2015 年我国模具企业构成

时间	国有企业比重（%）	三资企业比重（%）	民营企业比重（%）
1985 年	80	10	10
2000 年	15	8	77
2015 年	5	7	88

为了提升企业的品牌影响力和市场竞争力，我国模具企业（主要是合资企业）从 20 世纪 90 年代开始探索利用上市（IPO）方式，规范企业的经营管理、募集资金来推动企业更快发展，最初主要是在境外（如中国香港、新加坡等证券交易所）上市。进入 21 世纪，随着我国证券市场的发展，一些发展势头较好的中资模具企业（特别是国有企业）通过股份制改造，以模具（或模具及制品）为主业实现上市。部分在主板和创业板上市的模具公司见表 2-9。到目前为止，这些在主板和创业板上市的模具公司经营状况良好，经营规模和经济效益的增长远高于行业平均值。近几年，一些创业初期的中小型模具企业（包括模具制造服务业企业）为了加快发展，纷纷谋求在新三板上市。据不完全统计，已在新三板挂牌交易模具企业和模具制造服务业企业超过 15 家。

表 2-9　部分在主板和创业板上市的模具公司

序号	企业名称（简称）	类型
1	铜陵中发三佳科技股份有限公司（中发科技 600520）	独立国内上市
2	巨轮股份有限公司（巨轮股份 002031）	独立国内上市
3	四川成飞集成科技股份有限公司（成飞集成 002190）	独立国内上市
4	天津汽车模具股份有限公司（天汽模 002510）	独立国内上市
5	深圳市昌红科技股份有限公司（昌红科技 300151）	独立国内创业板上市
6	深圳市群达行精密模具有限公司（群达控股，新加坡上市）	模具公司随集团境外上市
7	江南模塑科技股份有限公司（模塑科技 000700）	模具公司随集团国内上市
8	龙记五金有限公司（龙记集团 00255）	独立境外上市（香港）
9	宁波双林汽车部件股份有限公司（双林股份 300100）	模具公司随集团国内上市
10	山东豪迈机械科技有限公司（豪迈科技 002595）	模具公司随集团国内上市
11	广州毅昌科技股份有限公司（毅昌股份 002420）	模具公司随集团国内上市
12	东莞劲胜精密组件股份公司（劲胜精密 300083）	模具公司独立国内上市

（续）

序号	企业名称（简称）	类型
13	深圳亿和模具制造有限公司（亿和控股 00838）	随集团境外上市（香港）
14	武汉联塑精密模具有限公司（中国联塑 2128）	随集团境外上市（香港）
15	重庆长安汽车股份有限公司渝北模具工厂（长安汽车 000625）	随集团国内上市
16	重庆庆铃铸造有限公司（庆铃汽车股份 01122）	随集团境外上市（香港）
17	重庆数码模车身模具有限公司（亿和控股 00838）	随集团境外上市（香港）
18	宁波华众塑料制品有限公司（宁波华翔 002048）	模具公司随集团国内上市
19	四川省宜宾普什模具有限公司（五粮液 000858）	随集团国内上市
20	苏州胜利精密制造科技股份有限公司（胜利精密 002426）	模具公司独立国内上市
21	上海亚虹模具股份有限公司 （上海亚虹 603159）	独立国内上市
22	东江集团（控股）有限公司，股票代码：02283	独立境外上市（中国香港）

2.2.6 产业集聚地的形成与发展

我国的模具产业最初发源于模具用户行业发达的地区。我国模具产业经过快速专业化和高度市场竞争，在 20 世纪 90 年代中后期形成以珠三角（广东、香港）、长三角（主要是江苏、浙江、上海、安徽）和环渤海（主要是吉林、辽宁、京津冀、山东半岛）三大集聚区，其中珠三角以塑料模具压铸模具为主，长三角以冲压模具、塑料模具、压铸模具为主，环渤海以冲压模具和塑料模具为主。进入 21 世纪，随着模具大用户产业（汽车、电子和信息产业）向中西部转移，武汉—长沙地区和成都—重庆地区也成为模具产业发展较快、集聚度较高的地区，其中武汉—长沙地区以冲压模具、塑料模具为主，成—渝地区以塑料模具和压铸模具为主。这些模具产业集聚区的模具产能和模具出口额均占到我国模具行业的 80% 以上。

在模具产业集聚区发展过程中，各具特色模具产业集聚地的建设发挥了重要作用。如广东东莞的长安镇、横沥镇，浙江台州的黄岩区，浙江宁波的余姚市、慈溪市、宁海县、象山县、北仑区，以及江苏昆山、河北泊头等。这些模具产业集聚地在当地政府的积极引导和大力支持下，坚持转型升级，始终保持着模具行业创新发展的领先地位。

2.2.7 人力资源开发为我国模具行业发展注入活力

我国模具工业在改革开放以来近 40 年的发展过程中，经历了机械化（20 世纪 80 年代）、数字化（20 世纪 90 年代）、信息化（21 世纪）的技术发展阶段

和国有企业为主（20 世纪 80 年代中期之前）、民营企业快速发展（20 世纪 80 年代到 90 年代）以及民营、三资、国有企业共同成长（21 世纪）的经营体制改革与产业结构优化过程，实现了模具制造水平大幅度提升和模具产能上百倍的增长（20 亿～ 2 000 亿元）。不仅满足了我国制造业发展对模具的需求，还形成所有门类模具批量出口的能力。在我国模具工业迅速崛起的过程中，人力资源开发为我国模具行业发展不断注入活力。

民营企业快速发展时期所需的技术人员和技术工人大多来自国有企业和部分三资企业，国家提倡的“星期天工程师”和鼓励教授、专家“下海”领办企业的政策为民营模具企业的创业发展解了燃眉之急；在数字化、信息化技术发展阶段，高等教育、职业教育系统的大中专毕业生成为模具行业人力资源开发和供应的主体。同时，改革开放初期进入三资企业的技术、技能或管理人员倒流回国有企业和民营企业，其中不乏独立创办模具企业的企业家。

建立各级人才培训体系和聘请国外专家是我国模具行业人力资源开发的主要途径。

2.2.8 坚持转型升级，保持行业健康发展

坚持转型升级是我国模具行业快速发展的主旋律。在推动技术进步方面，首先是 20 世纪 80 年代后期开始的数字化设计制造技术应用和开发。到 20 世纪 90 年代末，我国模具行业在模具设计中基本甩掉传统的绘图板，CAD、CAM 及 CAD/CAM（二维）一体化技术采用率达到 70%，高于机械制造行业平均数 20 个百分点；关键工序数控设备（NC、CNC 加工设备和测量设备）采用率达到 75%，提前 10 年达到《工业转型升级规划（2011—2015）》提出的目标。进入 21 世纪，模具数字化设计技术应用水平进一步提升，三维 CAD、CAM、CAE 技术和 CAD/CAM/CAE 一体化技术得到广泛应用；三轴及以上数控加工中心、高速切削技术、三坐标测量机、数控电加工设备、激光加工设备等数字化制造技术和装备已经成为骨干模具企业的标准配置。

1. 产品结构调整与升级

随着制造业和制造技术（模具成形技术）的发展，我国模具的产品结构经历了几次重大调整和升级。第一次发生在 20 世纪 80 年代，由于工程塑料的广泛使用，以金属材料成形为主的模具产品结构及其制造水平不能满足家电、包装、建材及办公自动化设备等制造业发展对模具的要求，大量引进生产线所需的塑料模具主要依靠进口。为改变这一局面，广东、浙江及山东青岛等地的企业利用当地塑料

加工业发达的市场优势，开始塑料模具的开发和生产，直到目前，这些地区仍是我国塑料模具技术水平和产业集聚度最高的地区。到 20 世纪 90 年代末，塑料模具的比重由 20 世纪 80 年代初的 15% 提高到 40%（与冲模相同），不仅从产能上满足了制造业发展的需要，而且推动了模具制造技术（如预硬化钢技术、高速切削技术、激光加工技术、抛光技术和 CAE 技术等）的发展。第二次大的模具产品结构调整发生在 20 世纪 90 年代末、21 世纪初，我国汽车制造业及世界汽车轻量化制造技术的快速发展（仅汽车产量就从 2000 年的 230 万辆增加到 2015 年的 2 300 万辆），对模具的品种、生产能力和技术水平都提出了极高的要求。而我国的汽车模具制造技术还比较落后，生产能力也远不能满足汽车（特别是乘用车）的发展要求，如轿车覆盖件冲模，保险杠、仪表板、内外饰件、车灯等注射模大多依赖进口或外资模具企业供应。为此，国家通过“十五”“十一五”“十二五”“重大科技专项（04 专项）”“产业振兴　技术改造”“强基工程”等项目，支持汽车模具的研究开发和产能建设。同时，模具行业也进行了大规模的产品结构调整，仅从事如家电注射模具等大型塑料模具制造的企业就有 200 多家转向了汽车塑料模具的生产。这一次的产品结构调整与升级，不仅基本满足了我国每年 2 800 万辆（2016 年产量）汽车的生产和 300 个左右新车型的推出对模具的要求，而且多种复杂精密模具（如轿车覆盖件冲模、结构件多工位级进冲模、内外塑料饰件注射模、发动机和变速器大型铝合金压铸型等）还批量出口到美国、日本及欧洲国家等汽车制造业发达国家。

2. 产业结构调整与优化

随着我国模具工业研发体系、模具材料生产供应体系、模具标准件生产供应体系的不断完善，面向模具制造的制造服务业得到较快发展，特别是“互联网 + 模具制造”的推进，专业模具设计公司、软件开发和服务公司、云编程公司等技术服务公司不断涌现。产业结构的不断优化，促进了我国模具行业专业化生产程度和质量效益的共同提高。

2.3　我国已经成为世界模具制造大国和出口大国

2.3.1　21 世纪我国模具全面进入国际市场

20 世纪 80 年代以后的近 20 年里，我国模具工业技术、设备和高档模具处于全面引进阶段，模具出口（主要是三资企业）始终在数千万美元徘徊，对比每

年 5 亿～ 10 亿美元的模具进口，中资企业的模具出口可以忽略不计。

随着我国模具工业体系的建立、完善和企业国际化程度的提高，从 20 世纪 90 年代末开始，我国模具出口有了突飞猛进的增长。在我国模具出口发展史上有两个具有标志性的年份：1999 年，我国模具出口额结束近 20 年徘徊，首次突破 1 亿美元；2010 年，我国模具出口额达到 21.92 亿美元，首次超过当年模具进口额（20.62 亿美元）。

我国模具出口快速发展具有如下特点：一是增长速度快。1999 年，我国模具出口额突破 1 亿美元后，连续 10 年平均增长率超过 35%，即使在遭受国际金融危机冲击后的 2010—2014 年，年平均增长率仍达到 22%。二是出口模具的品种齐全。汽车车身冲压模具、多工位级进冲模、小中大型精密注射模具、压铸型、橡胶（轮胎）模具等主要模具类型均形成批量出口。三是出口地区广。到“十二五”末（2015 年），我国模具出口目的地的国家或地区超过 100 个，而按出口量排在出口目的地前十位的主要是欧洲、北美、日本、韩国和中国香港地区等制造业发达的国家或地区。1985—2016 年我国模具进出口情况如图 2-16 所示。1985—2016 年我国模具进出口增长情况如图 2-17 所示。2004—2007 年模具产品进出口情况见表 2-10。2004—2007 年各类模具进出口情况见表 2-11。2004 年进口模具主要货源地情况见表 2-12。2005 年进口模具主要货源地情况见表 2-13。2006 年进口模具主要货源地情况见表 2-14。2007 年进口模具主要货源地情况见表 2-15。2004 年进口模具最多的 10 个省、市情况见表 2-16。2005 年进口模具最多的 10 个省、市情况见表 2-17。2006 年进口模具最多的 10 个省、市情况见表 2-18。2007 年进口模具最多的 10 个省、市情况见表 2-19。2004 年出口模具主要目的地情况见表 2-20。2005 年出口模具主要目的地情况见表 2-21。2006 年出口模具主要目的地情况见表 2-22。2007 年出口模具主要目的地情况见表 2-23。2004 年出口模具主要货源地情况见表 2-24。2005 年出口模具主要货源地情况见表 2-25。2006 年出口模具最多的 10 个省、市情况见表 2-26。2007 年出口模具最多的 10 个省、市情况见表 2-27。2008—2011 年模具产品进出口情况见表 2-28。2008—2011 年进口模具主要货源地见表 2-29。2008—2011 年出口模具主要目的地见表 2-30。2008—2011 年进口模具最多的 10 个省市见表 2-31。2012—2016 年进口模具主要货源地（按进口额排序）见表 2-32。2012—2016 年出口模具主要目的地（按出口额排序）见表 2-33。

表 2-10　2004—2007 年模具产品进出口情况

年份	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
进口额 / 亿美元	18.13	20.68	20.47	20.53
出口额 / 亿美元	4.91	7.38	10.41	14.13

表 2-11　2004—2007 年各类模具进出口情况

模具种类		2004 年		2005 年		2006 年		2007 年	
		金额 / 亿美元	所占比例（%）	金额 / 亿美元	所占比例（%）	金额 / 亿美元	所占比例（%）	金额 / 亿美元	所占比例（%）
塑料橡胶模具	进口	9.86	54.40	11.45	55.40	10.47	51.16	10.65	51.89
	出口	3.38	68.80	5.32	72.10	7.33	70.41	9.78	69.21
冲压模具	进口	5.61	30.90	7.26	35.10	7.55	36.89	8.35	40.69
	出口	0.75	15.30	1.46	19.80	2.34	22.48	3.26	23.06
其他模具及模具标准件	进口	2.66	14.70	1.97	9.50	2.45	11.95	1.53	7.42
	出口	0.78	15.90	0.60	8.10	0.74	7.11	1.09	7.73

表 2-12　2004 年进口模具主要货源地情况

货源地	日本	中国台湾	韩国	德国	中国香港	美国	意大利
进口量 / 万美元	64 560	35 030	29 780	14 640	6 080	5 550	5 050
所占比例（%）	35.6	19.3	16.4	8.1	3.4	3.1	2.8

表 2-13　2005 年进口模具主要货源地情况

货源地	日本	韩国	中国台湾	德国	美国	意大利	中国香港
进口量 / 万美元	75 240	37 120	24 660	19 910	6 400	4 850	4 800
所占比例（%）	36.4	17.9	11.9	9.6	3.1	2.3	2.3

表 2-14　2006 年进口模具主要货源地情况

货源地	日本	韩国	中国台湾	德国	美国	中国香港	意大利	新加坡
进口量 / 亿美元	81 300	38 100	31 700	12 800	6 600	3 500	3 300	2 600
所占比例（%）	39.7	18.6	15.5	6.3	3.2	1.7	1.6	1.3

表 2-15　2007 年进口模具主要货源地情况

货源地	日本	韩国	中国台湾	德国	美国	新加坡	意大利	中国香港	加拿大	法国
进口量 / 万美元	74 300	42 600	23 900	13 500	5 100	4 500	3 700	3 200	2 900	2 300
所占比例（%）	36.2	20.8	11.7	6.6	2.5	2.2	1.8	1.6	1.4	1.1

表 2-16　2004 年进口模具最多的 10 个省、市情况

目的地	广东	江苏	上海	天津	浙江	吉林	福建	山东	辽宁	北京
进口量 / 万美元	41 181	30 059	28 986	12 243	10 197	7 540	7 513	6 920	6 811	5 524
所占比例（%）	22.7	16.6	16.0	6.8	5.6	4.2	4.1	3.8	3.8	3.0

表 2-17　2005 年进口模具最多的 10 个省、市情况

目的地	广东	江苏	上海	天津	吉林	浙江	北京	辽宁	山东	福建
进口量 / 万美元	38 267	35 950	30 838	16 143	11 093	10 479	10 340	8 975	8 647	5 920
所占比例（%）	18.5	17.4	14.9	7.8	5.4	5.1	5.0	4.3	4.2	2.9

表 2-18　2006 年进口模具最多的 10 个省、市情况

目的地	江苏	广东	上海	天津	山东	北京	湖北	辽宁	浙江	重庆
进口量 / 万美元	39 200	38 700	25 200	20 700	13 200	9 600	8 600	8 200	7 500	7 000
所占比例（%）	19.2	18.9	12.4	10.1	6.4	4.7	4.2	4.0	3.7	3.4

表 2-19　2007 年进口模具最多的 10 个省、市情况

目的地	广东	江苏	上海	天津	北京	山东	辽宁	浙江	福建	湖南
进口量 / 万美元	47 600	42 500	24 800	23 800	12 400	11 100	10 000	5 900	3 300	3 200
所占比例（%）	23.2	20.7	12.1	11.6	6.1	5.4	4.9	2.9	1.6	1.6

表 2-20　2004 年出口模具主要目的地情况

目的地	中国香港	日本	美国	中国台湾	新加坡	泰国	印度尼西亚	越南	土耳其	韩国	印度
出口量 / 万美元	16 184	5 035	3 484	2 605	1 277	985	968	932	707	681	505
所占比例（%）	35.7	12.5	8.6	4	3.7	3.5	3	2.5	2.3	2.2	2.1

表 2-21　2005 年出口模具主要目的地情况

目的地	中国香港	美国	日本	中国台湾	法国	泰国	韩国	新加坡	土耳其	德国
出口量 / 万美元	21 723	6 419	4 528	4 480	1 596	1 596	1 574	1 526	1 267	1 176
所占比例（%）	29.4	8.7	6.1	6.1	2.3	2.3	2.1	2.1	1.7	1.6

表 2-22　2006 年出口模具主要目的地情况

目的地	中国香港	美国	日本	中国台湾	马来西亚	越南	韩国	英国	新加坡	西班牙
出口量 / 万美元	27 700	10 600	10 000	4 500	1 700	1 700	1 600	1 400	1 400	1 200
所占比例（%）	26.6	10.1	9.6	4.3	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1

表 2-23　2007 年出口模具主要目的地情况

目的地	中国香港	美国	日本	中国台湾	德国	法国	泰国	印度	马来西亚	西班牙
出口量 / 万美元	33 400	15 000	14 900	5 800	5 300	4 100	3 800	3 600	2 500	1 700
所占比例（%）	23.7	10.6	10.6	4.1	3.8	3.0	2.7	2.6	1.8	1.2

表 2-24　2004 年出口模具主要货源地情况

货源地	广东	浙江	江苏	上海	福建	山东	北京	安徽
出口量 / 万美元	22 972	2 241	6 475	6 080	1 302	1 005	516	514
所占比例（%）	46.8	14.7	13.2	12.4	2.7	2.0	1.1	1.0

表 2-25　2005 年出口模具主要货源地情况

货源地	广东	浙江	上海	江苏	山东	福建	天津	安徽	辽宁
出口量 / 万美元	31 504	11 120	9 413	8 616	2 371	2 038	1 752	1 410	1 115
所占比例（%）	42.7	15.1	12.8	11.7	3.2	2.8	2.4	1.9	1.5

表 2-26　2006 年出口模具最多的 10 个省、市情况

货源地	广东	浙江	江苏	上海	山东	福建	天津	辽宁	北京	安徽
出口量 / 万美元	43 600	15 800	13 200	12 300	3 500	3 100	3 000	2 300	1 400	1 100
所占比例（%）	41.9	15.1	12.7	11.8	3.3	3.0	2.9	2.2	1.4	1.1

表 2-27　2007 年出口模具最多的 10 个省、市情况

货源地	广东	浙江	江苏	上海	天津	山东	福建	辽宁	北京	吉林
出口量 / 万美元	58 300	21 200	19 200	16 600	5 100	4 400	4 000	3 400	1 700	1 300
所占比例（%）	41.3	14.5	13.6	11.7	3.6	3.1	2.8	2.4	1.2	0.9

注：表 2-10 至表 2-27 来自《中国模具工业年鉴》2008 年版。

表 2-28　2008—2011 年模具产品进出口情况

指标名称	塑料橡胶模具	冲压模具	其他模具及模具标准件
2008 年			
进口额 / 亿美元	10.45	7.87	1.72
占比（%）	52.16	39.27	8.57
出口额 / 亿美元	13.43	4.11	1.68
占比（%）	69.92	21.37	8.71
2009 年			
进口额 / 亿美元	9.84	8.33	1.47
占比（%）	50.12	42.42	7.46
出口额 / 亿美元	12.95	4.07	1.41
占比（%）	70.26	22.07	7.67
2010 年			
进口额 / 亿美元	11.49	7.87	1.26
占比（%）	55.74	38.17	6.09
出口额 / 亿美元	15.14	5.03	1.79
占比（%）	68.96	22.90	8.14
2011 年			
进口额 / 亿美元	12.14	9.01	1.20
占比（%）	54.30	40.33	5.37
出口额 / 亿美元	20.05	7.55	2.45
占比（%）	66.72	25.12	8.16

表 2-29　2008—2011 年进口模具主要货源地

货源地	2008 年		货源地	2009 年	
	进口额 / 亿美元	所占比例（%）		进口额 / 亿美元	所占比例（%）
日本	7.73	38.58	日本	6.70	34.10
韩国	4.01	20.00	韩国	3.98	20.26
中国台湾	2.66	13.29	德国	2.41	12.27
德国	1.96	9.78	中国台湾	1.69	8.58
美国	0.67	3.37	美国	0.54	2.73
加拿大	0.59	2.94	加拿大	0.49	2.49
意大利	0.54	2.72	意大利	0.39	2.01
法国	0.34	1.72	新加坡	0.22	1.10
中国香港	0.24	1.23	丹麦	0.19	0.96
新加坡	0.19	0.93	法国	0.18	0.90

（续）

货源地	2010 年		货源地	2010 年	
	进口额 / 亿美元	所占比例（%）		进口额 / 亿美元	所占比例（%）
日本	6.38	30.94	日本	7.71	34.51
韩国	5.43	36.35	韩国	4.23	18.94
中国台湾	2.09	10.14	德国	2.35	10.50
德国	1.16	5.62	中国台湾	2.02	9.05
加拿大	0.78	3.76	美国	0.84	3.78
美国	0.61	2.93	加拿大	0.83	3.70
意大利	0.54	2.60	意大利	0.61	2.72
马来西亚	0.30	1.47	新加坡	0.25	1.10
新加坡	0.27	1.31	卢森堡	0.22	1.00
丹麦	0.15	0.74	丹麦	0.16	0.74

表 2-30　2008—2011 年出口模具主要目的地

目的地	2008 年		目的地	2009 年	
	出口额 / 亿美元	所占比例（%）		出口额 / 亿美元	所占比例（%）
中国香港	4.00	20.81	中国香港	3.78	20.54
日本	1.84	9.57	美国	1.72	9.32
美国	1.78	9.26	日本	1.58	8.56
德国	0.84	4.36	德国	0.97	5.26
印度	0.80	4.17	印度	0.94	5.09
中国台湾	0.75	3.91	中国台湾	0.67	3.65
法国	0.70	3.66	法国	0.52	2.83
西班牙	0.58	3.02	巴西	0.45	2.48
巴西	0.42	2.17	韩国	0.38	2.04
意大利	0.32	1.65	越南	0.36	1.97

（续）

目的地	2010 年		目的地	2011 年	
	出口额 / 亿美元	所占比例（%）		出口额 / 亿美元	所占比例（%）
中国香港	4.14	18.85	中国香港	4.82	16.02
美国	2.20	10.04	美国	3.20	10.65
日本	1.92	8.75	日本	2.48	8.25
印度	1.14	5.21	印度	1.63	5.43
德国	1.10	5.03	德国	1.39	4.63
中国台湾	0.86	3.92	泰国	1.12	3.73
泰国	0.52	2.38	巴西	1.05	3.48
法国	0.50	2.30	法国	0.93	3.11
越南	0.40	1.83	中国台湾	0.67	2.24
英国	0.24	1.08	越南	0.50	1.67

表 2-31　2008—2011 年进口模具最多的 10 个省市

省市	2008 年		省市	2009 年	
	进口额 / 亿美元	所占比例（%）		进口额 / 亿美元	所占比例（%）
广东	7.39	38.45	广东	7.56	41.04
浙江	3.22	16.73	浙江	2.92	15.83
江苏	3.03	15.79	江苏	2.78	15.06
上海	2.06	10.74	上海	1.84	9.99
山东	0.78	4.04	山东	0.68	3.70
天津	0.73	3.80	天津	0.65	3.55
福建	0.53	2.74	福建	0.55	2.97
辽宁	0.42	2.19	辽宁	0.31	1.68
北京	0.22	1.16	北京	0.15	0.83
安徽	0.14	0.73	吉林	0.11	0.60

（续）

省市	2010 年		省市	2011 年	
	进口额 / 亿美元	所占比例（%）		进口额 / 亿美元	所占比例（%）
广东	8.76	39.90	广东	11.93	39.68
浙江	3.63	16.54	浙江	4.93	16.42
江苏	3.44	15.65	江苏	4.56	15.16
上海	1.75	7.98	上海	2.35	7.83
山东	1.04	4.74	天津	1.30	4.32
福建	0.93	4.23	山东	1.25	4.16
天津	0.87	3.96	福建	1.09	3.63
辽宁	0.32	1.46	辽宁	0.52	1072
北京	0.28	1.28	湖北	0.18	0.60
吉林	0.12	0.57	河北	0.17	0.58

注：表 2-28 至表 2-31 来自《中国模具工业年鉴》2012 年版。

表 2-32　2012—2016 年进口模具主要目的地（按进口额排序）

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2012 年	日本	韩国	德国	中国台湾金马关税区	加拿大	美国	意大利	瑞士	新加坡	西班牙
2013 年	日本	韩国	德国	中国台湾金马关税区	美国	加拿大	意大利	西班牙	新加坡	法国
2014 年	韩国	日本	中国台湾金马关税区	德国	美国	意大利	加拿大	西班牙	卢森堡	瑞士
2015 年	韩国	日本	德国	中国台湾金马关税区	美国	加拿大	西班牙	意大利	奥地利	瑞士
2016 年	日本	韩国	德国	中国台湾金马关税区	美国	意大利	加拿大	泰国	瑞士	西班牙

表 2-33　2012—2016 年出口模具主要货源地（按出口额排序）

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2012 年	中国香港	美国	日本	印度	德国	巴西	泰国	法国	中国台湾金马关税区	越南
2013 年	中国香港	美国	日本	德国	印度	法国	泰国	西班牙	中国台湾金马关税区	墨西哥

（续）

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2014 年	中国香港	美国	日本	德国	印度	泰国	越南	英国	墨西哥	西班牙
2015 年	中国香港	美国	日本	德国	印度	泰国	墨西哥	越南	法国	英国
2016 年	美国	中国香港	日本	德国	印度	墨西哥	越南	泰国	西班牙	法国

注：表 2-32、表 2-33 数据来自中国海关。

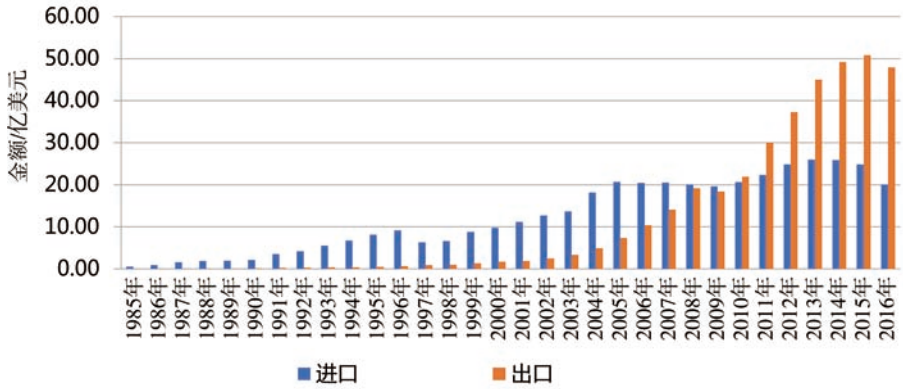


图 2-16　1985—2016 年我国模具进出口情况

注：数据来源于中国海关。

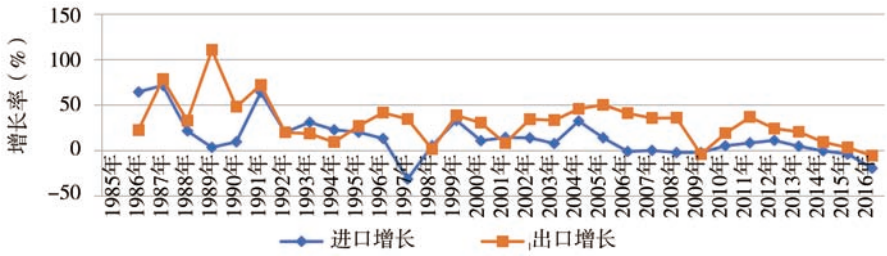


图 2-17　1985—2016 年我国模具进出口增长情况

由于模具是高技术附加值产品，而且生产过程具有节能节材、低排放、环境友好等特点，因而，我国的模具出口一直受到我国政府的关注和支持。2012 年，在多次听取中国模具工业协会意见和建议的基础上，对执行 20 多年的模具进出口税则税号做了较大程度的调整和细化，更加有利于对模具出口统计分析和与国际接轨。表 2-34 是按新的税号统计的 2016 年我国模具进出口数据。2010 年，为了鼓励出口，主要模具的出口退税率提高到 14%，2017 年又将主要模具的出口退税率提高到 17%。根据《国际模具协会统计年鉴 2014》（ISTMA Statistical

Yearbook 2014）数据，我国已成为世界第一大模具出口国（出口额）。2013 年世界主要发达国家模具贸易情况见表 2-35。

表 2-34　按新的税号统计的 2016 年我国模具进出口数据

模具种类	进口		出口	
	金额 / 万美元	所占比例（%）	金额 / 万美元	所占比例（%）
塑料橡胶模具	92 853.28	46.36	315 804.75	65.93
冲压模具	78 282.47	39.09	81 559.65	17.03
压铸模具	12 734.93	6.36	9 228.37	1.93
轮胎模具	1 834.12	0.91	19 381.18	4.05
粉末冶金模具	424.69	0.21	525.53	0.11
玻璃用型模	596.12	0.30	9 650.88	2.01
其他模具及模具标准件	13 555.51	6.77	42 862.42	8.94

注：来源于中国海关。

表 2-35　2013 年世界主要发达国家模具贸易情况

国家	贸易总额 / 亿美元	进口总额 / 亿美元	出口总额 / 亿美元	数据来源
中国	71	26	45	中国海关
日本	41	9	32	《国际模具协会统计年鉴》2014
美国	37	20	17	《国际模具协会统计年鉴》2014
德国	34	15	19	《国际模具协会统计年鉴》2014
意大利	20	5	15	《国际模具协会统计年鉴》2014
加拿大	12	4	8	《国际模具协会统计年鉴》2014
法国	8.7	4.5	4.2	《国际模具协会统计年鉴》2014

2.3.2　2010 年以来一直保持着模具制造大国和出口大国地位

我国模具工业在 1999—2008 年的 10 期间，销售额（产值）平均增幅达到 15%。即使在 2008 年受到国际金融危机的冲击时，由于我国政府对制造业的大力支持，模具大用户行业（如汽车制造业、电子信息产业、家电制造业等）在 2010 年前后得到恢复发展，模具行业也迅速摆脱了经济增长大幅下滑的局面。2010 年经济增长达到 14.3%，并在之后的 6 年（2010—2015）时间里，年平均增长达到 10%，始终保持了“稳中有进”的态势。

2010 年，我国模具销售额突破 1 000 亿元，达到 1 120 亿元（折合 167 亿美元），模具出口达到 22 亿美元（首次超过模具进口），成为世界模具制造大国

和模具出口大国。进入“十二五”，我国模具行业积极适应经济发展“新常态”，不断推进产业的转型升级，不但始终保持着世界模具制造大国和模具出口大国的地位，而且在国家创新驱动发展战略和《中国制造 2025》计划指引下，正在迈开“由大转强”的坚实步伐。1985—2016 年我国模具产值 / 销售额如图 2-18 所示。1985—2016 年我国模具产值增长情况如图 2-19 所示。2013 年世界主要模具生产国模具销售情况见表 2-36。

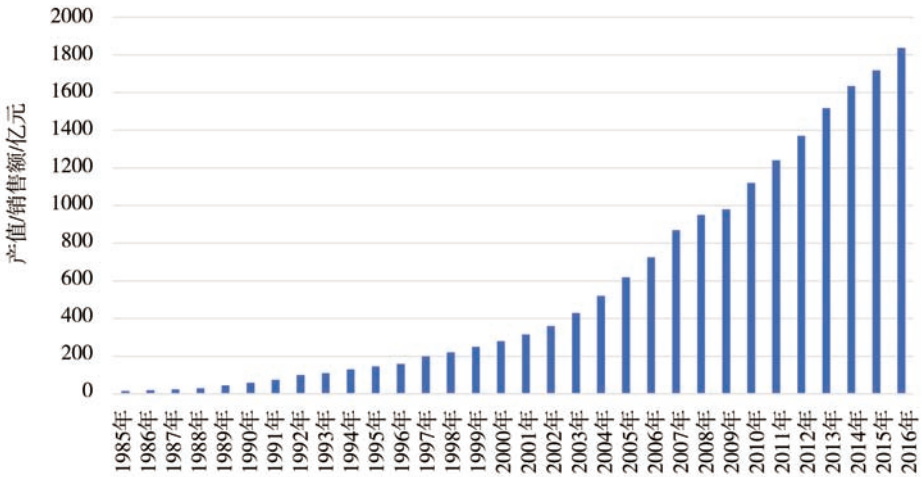


图 2-18　1985—2016 年我国模具产值 / 销售额

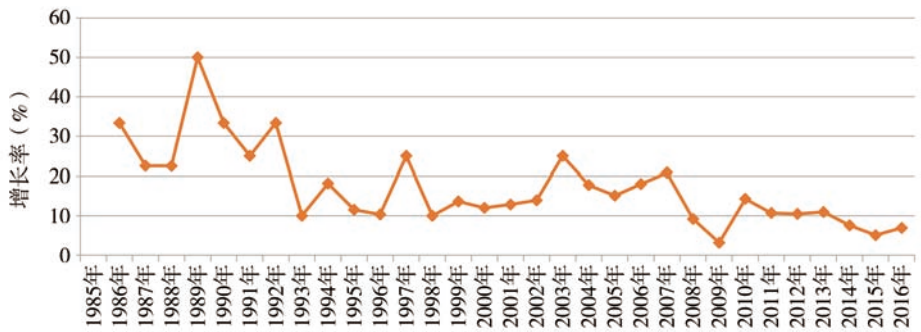


图 2-19　1985—2016 年我国模具产值增长情况

表 2-36　2013 年世界主要模具生产国模具销售情况

国家	中国	美国	日本	德国	意大利
销售额 / 亿美元	244	130	120	60	35
数据来源	中国模具工业协会	《国际模具协会统计年鉴》2013			

注：2013 年我国模具行业销售额为 1 518 亿元，折合 244 亿美元（平均汇率 6.2，含出口 45 亿美元）

2.4 模具行业组织为我国模具行业“由小到大”做出积极贡献

2.4.1 中国模具工业协会发展概况

中国模具工业协会（China Die & Mould Industry Association，CDMIA）成立于1984 年 10 月，是模具制造行业及其相关行业的企业、研究院所、大专院校、社会团体等单位自愿结成的全国性、行业性、非营利性社会组织，协会办公场所在北京市。中国模具工业协会在中华人民共和国民政部登记注册，业务主管单位是国务院国有资产管理委员会。

中国模具工业协会现有会员单位 1 250 个，最高权力机构是会员代表大会，设理事会、常务理事会，办事机构是中国模具工业协会秘书处。中国模具工业协会现设有 15 个专业委员会和人才培训部，编辑出版《模具工业》和《中国模具信息》2 本会刊；官方网站是 www.cdmia.com.cn。按照章程，协会理事会每 4 年换届一次，现在是第八届理事会。

中国模具工业协会自成立以来，一直以发挥政府和企业间的桥梁和纽带作用、全心全意为会员、行业和政府服务为根本宗旨，创新开展工作，推动我国模具工业的转型升级和健康发展。

1. 开展行业调查研究，为政府制定产业政策提供咨询

中国模具工业协会行业调研情况及效果见表 2-37。

表 2-37 中国模具工业协会行业调研情况及效果

提交的报告或文章	产生的效果
关于振兴模具工业的报告	《关于振兴模具工业的报告》得到两委一部（国家计划委员会、国家经济委员会、机械工业部）转发
模具行业专业化研究	模具被列入国家“七五”技术攻关和“八五”技术开发项目及国家“863”计划项目，并获经费支持
模具行业产业政策研究	1987 年，模具被列入《国家机电产品目录》
政府科学经济决策 模具仍需政策支持	1989 年 3 月，国务院颁布的《关于当前产业政策要点的决定》中，模具被列为机械工业技术改造序列首位，生产发展序列的第二位
中国塑料模具发展现状及出口前景分析	1987 年，国家经济委员会下发了《关于优先安排模具规划建设项目》的通知并得到经费支持
模具企业税负过重 处境困难调查报告	1997—2008 年，近 300 家模具企业先后得到了国家给予的部分模具产品增值税先征后返政策支持

（续）

提交的报告或文章	产生的效果
我国模具产业结构及其合理化趋向分析	级进模被列入工信部 2014 年工业转型升级强基工程专项
我国模具工业二十五年来的光辉成就	
新税制下机械工业产业发展及税收政策的研究（模具部分）	
机械工业中小企业发展生产力的途径和对策研究（模具部分）	
“十一五”模具产业发展政策研究	
《中国机械工程技术路线图》第十二章　模具	
“关于开展重大技术装备制造业发展现状和市场需求调研”模具行业报告	
“我国机电产业国际竞争力进行全面研究和评估”模具行业部分	

2. 参与或受委托编制行业发展规划

中国模具工业协会参与或受托编制的行业发展规划见表 2-38。

表 2-38　中国模具工业协会参与或受托编制的行业发展规划

规划文本名称	时间
“七五”重点模具厂技术改造规划	1987 年 10 月
1991 年至 1995 年模具工业振兴纲要	1992 年 4 月
模具标准件、精密冲模、型腔模具及其关键加工设备专项规划	1994 年
模具行业发展规划	1994 年 11 月
“十五”模具行业发展规划	2000 年 2 月
模具中长期科技规划	2001 年
模具行业“十一五”发展规划	2005 年 7 月
商务部重点机电和高新技术产业“十二五”进出口发展规划 —— 模具行业“十二五”进出口规划	2010 年 11 月
战略性新兴产业智能制造装备 —— 模具专题规划	2011 年 1 月

（续）

规划文本名称	时间
工业和信息化部 机械工业系列规划 —— 模具行业“十二五”发展规划	2011 年 7 月
工业和信息化部 机械基础件、基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划 —— 模具部分	2011 年 11 月
模具行业发展“十三五”指引纲要	2016 年

3. 创办中国国际模具技术和设备展览会

中国国际模具技术和设备展览会（DMC）创办于 1986 年，由中国模具工业协会和上海国际展览公司合作，逢双年在上海举办。展出内容涵盖模具设计制造技术与装备（设计软件、精密金属切削机床与刀具、电加工机床、精密测量仪器与设备等）、模具、模具材料、模具标准件、成形机床（各种压力机、塑料机械等）和模具新技术（激光加工技术与装备、增材制造技术与装备等）以及模具成形（型）解决方案等。

经过 30 多年的不断创新和发展，展会的展出面积达到 8 万 m^2、参展厂商 1500 家、观众 10 万人次左右，目前已经成为全球规模最大的模具行业专业展会。中国国际模具技术和设备展览会于 1996 年通过国际展览联盟（UFI）认证，2014 年被我国商务部确定为重点引导支持展会。为我国模具行业的技术装备引进和模具产品、技术走向世界搭建了高层次平台。1986—2016 年中国国际模具技术和设备展览会情况见表 2-39。

表 2-39　1986—2016 年中国国际模具技术和设备展览会情况

年份	届数	参展国家（地区）数量 / 个	参展商数 / 家	面积 / m^2	观众 / 人次
1986	一	11	84	3 700	32 000
1988	二	7	83	5 000	30 000
1990	三	11	180	5 000	40 000
1992	四	13	425	9 000	40 000
1994	五	13	306	12 000	42 000
1996	六	14	306	12 000	67 140
1998	七	15	405	13 000	72 200
2000	八	17	500	16 000	93 000
2002	九	13	705	28 000	100 500
2004	十	15	773	35 000	105 000

（续）

年份	届数	参展国家（地区）数量 / 个	参展商数 / 家	面积 / m^2	观众 / 人次
2006	十一	16	1 200	60 000	118 723
2008	十二	17	1 500	80 000	100 398
2010	十三	15	1 500	70 000	100 000
2012	十四	15	1 500	70 000	80 000
2014	十五	15	1 500	80 000	82 000
2016	十六	16	15 000	80 000	100 000

作为中国国际模具技术和设备展览会的补充，中国模具工业协会在单年举办了各类模具展览或交易会。中国模具工业协会在公历单年举办的各类模具展览或交易会见表 2-40。

表 2-40　中国模具工业协会在公历单年举办的各类模具展览会或交易会

展览会名称	展会时间	展会地点	参展商数 / 家	展览面积 / m^2	观众数 / 人次
全国模具及模具加工机械展销会	1987 年	沈阳	300	4 000	
模具抛光设备及电加工设备展览会	1989 年 9 月	杭州			
全国模具适用技术与装备交易会	1989 年 10 月	南京			
全国模具及模具加工设备展览交易会	1991 年 5 月	苏州	100 多	2 000	
全国模具设备及模具产品展览交易会	1993 年 9 月	苏州	92	108 个摊位	20 000
全国模具设备及模具技术展览交易会	1995 年 4 月	南京	100 多	5 500	
全国模具设备及模具展览交易会	1997 年 9 月	南京	100 多	4 000	
全国模具及模具设备展览会	1999 年 3—4 月	南京	173	3 000	
中国模具及模具设备展览会	2001 年 3 月	黄岩	240 多	12 500	
中国（宁波）国际模具和模具加工、注射、锻压设备展览会	2003 年 5 月	宁波	286	526 个摊位	
中国国际模具、模具设备和相关工业展览会	2007 年 6 月	上海	500 多	40 000	50 000

（续）

展览会名称	展会时间	展会地点	参展商数 / 家	展览面积 / m^2	观众数 / 人次
中国国际模具、制造应用设备及相关工业展览会	2009 年 6 月	上海	500 多	40 000	40 000
中国国际模具、制造应用设备及相关工业展览会	2011 年 6 月	上海	800	38 000	48 000
中国国际模具、模具装备及相关展览会	2013 年 6 月	上海	630	50 000	48 300
中国国际制造技术、装备与模具展览会	2015 年 5 月	上海	800	60 000	50 000

注：1.1981 年的展览会上评选出“优质模具”202 套。

2. 经外贸部批准，单年模具展览会从 2003 年开始改为国际展。

4. 加入国际组织，积极参加国际活动

为加强亚洲地区模具界的交流合作，促进亚洲模具工业的发展，中国、日本、韩国等 6 个国家和地区的模具协会发起成立“亚洲模具协会联合会”（Federation of Asia Die and Mould Association，FADMA）（简称亚模联）。经过近两年的筹备与协调，1992 年 9 月在新加坡召开了亚模联成立大会。中国模具工业协会一直积极参亚模联的各项活动，包括历次亚模联年会和《亚洲模协手册》《模具名词术语手册》的编辑出版及亚模联网站的建立。为了更好地支持亚模联的工作，中国模具工业协会承办了 1994 年、2008 年、2014 年和 2016 年四次亚模联年会（均在我国上海召开）。由于中国模具工业协会的精心组织，每次会议都取得圆满成功，特别是 2014 年在亚模联年会召开期间，中国模具工业协会与亚模联在上海联合举办了“亚洲模具产业发展论坛”，首次将亚模联年会中的“国别报告”议程与中国模具工业协会的理事会会议相结合，受到 300 位与会代表的欢迎。

随着中国模具工业的发展和中国模具工业协会影响力的提高，2011 年在亚模联年会（亚模联换届，新加坡）上，中国模具工业协会当选亚模联副主席单位，时任中国模具工业协会副理事长李志刚出任副主席。在 2014 年的亚模联年会（亚模联换届，中国上海）上，中国模具工业协会被推选为亚模联主席单位，中国模具工业协会常务副会长兼秘书长武兵书出任新一届亚模联主席。在 2017 年的亚模联年会（亚模联换届，韩国首尔）上，中国模具工业协会再次被推选为（2017—2020 年）亚模联主席单位，中国模具工业协会会长武兵书继续出任亚模联主席。

为了进一步加强与世界模具界的交流与合作，推动中国模具更快进入国际市

场，中国模具工业协会于 2002 年与亚模联成员一起加入国际特种工装与加工协会（International Special Tooling and Machining Association，ISTMA）（简称国际模协），得到国家有关部门批准。加入国际模协后，中国模具工业协会通过参与国际模协活动，与欧洲、南北美洲、非洲等地的 30 多个国家和地区的模具协会、商会等同行业相关组织进一步加深了了解，建立了联系，开展了互访活动，推动了我国模具行业与国际模具界的技术和经贸等方面的交流与合作。2010 年前后，国际模协修改了入会及收费方式，并向中国模具工业协会提出单独入会问题。中国模具工业协会考虑到我国模具已经融入国际市场，而国际模协是了解国际模具工业发展动态和模具技术发展趋势的最好平台，利用好这个平台，有利于为进一步开拓国际市场和正在开始的资本输出（兼购国外模具企业、在国外设立模具制造厂等）和技术输出（国内设计、国外企业制造）营造良好环境。基于此，中国模具工业协会利用参加 2014 年在南非举办的国际模协世界模具大会、2016 年在上海举办的国际模协金砖国家论坛（ISTMA BRICS FORUM）和出访葡萄牙（ISTMA 秘书处所在地）机会，与国际模协讨论了中国模具工业协会提出单独加入国际模协的细节。经中国模具工业协会会长会议讨论通过并经常务理事会、理事会审议通过后，中国模具工业协会于 2017 年 5 月在德国斯图加特完成了单独加入国际模协的所有程序。并在 2017 年 6 月，在巴西举办的第十五届 ISTM 世界模具大会上成功取得 2020 年在上海举办第十六届国际模协世界模具大会举办权。

5.“中国模具重点骨干企业”和“模具出口重点企业”评定授牌

1）中国模具重点骨干企业的评定工作。为了鼓励模具企业做专、做大、做强，中国模具工业协会在会员单位中开展了“中国重点骨干模具企业”评定授牌活动。活动遵循自愿申报、全过程免费原则。为做到“科学、公平、公正”，制定了“中国重点骨干模具企业评定细则”：①按模具应用领域细分主业命名。② 按不同类型模具规定连续三年年均最低销售额作为必要条件（2007 年为 3 000 万元，其中大型塑料模具 8 000 万元、汽车覆盖件模具 10 000 万元；2012 年调整为 5 000 万元，其中大型塑料模具 8 000 万元、汽车覆盖件模具 10 000 万元）。③以企业的技术、设备、研发能力、成果专利、人员素质、质量管理、信息化建设、经济效益、社会责任等条件作为充分条件进行量化评定。④每四年复审一次，授牌有效期为 4 年。

自 2007 年开始到 2016 年共评定了 7 批，2012 年、2016 年复审二次（二次复审中共有 13 家授牌企业未能通过，被摘牌），目前“中国重点骨干模具企业”

共有 178 家（见表 2-40）。由于评定过程的科学、公正，中国模具工业协会评定授牌“中国重点骨干模具企业”，得到各级政府部门和有关机构认可，在项目立项评审、招投标评标、企业上市等过程被采纳为加分项。在模具企业申报国家、地方有关技术改造项目、两化深度融合专项行动计划、工业强基工程、火炬计划项目、产业振兴和技术改造等专项的立项评审过程中，中国重点骨干模具企业是模具企业的一块金字招牌。工信部、科技部、发改委等部委在《重大技术装备自主创新指导目录》《工业转型升级投资指南》《重点产业振兴和技术改造项目》《机械基础件、基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划》《两化深度融合专项行动计划》《工业强基专项》等指导性文件中的模具产品发展方向（或项目指南）均主要来源于这个队伍。

2016 年中国重点骨干模具企业见表 2-41。

表 2-41　2016 年中国重点骨干模具企业

序号	企业名称	授 牌 名 称
1	一汽模具制造有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
2	上海千缘汽车车身模具有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
3	上海屹丰汽车模具制造有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
4	上海宏旭模具工业有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
5	上海赛科利汽车模具技术应用有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
6	山东潍坊福田模具有限责任公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
7	亿森（上海）模具有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
8	天津汽车模具股份有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
9	东风模具冲压技术有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
10	北京比亚迪模具有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
11	四川成飞集成科技股份有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
12	成都普什汽车模具有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
13	安徽江淮福臻车体装备有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
14	青岛吉泰汽车模具有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
15	河北兴林车身制造集团有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
16	河北金环模具有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
17	泊头市兴达汽车模具制造有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
18	泊头市京泊汽车模具有限责任公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
19	哈尔滨哈飞模具股份有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业

（续）

序号	企业名称	授牌名称
20	重庆元创汽车整线集成有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
21	重庆长安汽车股份有限公司模具事业部	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
22	重庆平伟汽车科技股份有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
23	湖北十堰先锋模具股份有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
24	湖南晓光汽车模具有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
25	湖南湖大三佳车辆技术装备有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
26	瑞鹄汽车模具股份有限公司	中国汽车覆盖件模具重点骨干企业
27	四川长虹模塑科技有限公司	中国大型精密塑料模具重点骨干企业
28	青岛海尔模具有限公司	中国大型精密塑料模具重点骨干企业
29	陶氏模具集团有限公司	中国大型精密塑料模具重点骨干企业
30	群达模具（深圳）有限公司	中国大型精密塑料模具重点骨干企业
31	宁波跃飞模具有限公司	中国大型精密注射模具重点骨干企业
32	青岛海信模具有限公司	中国大型精密注射模具重点骨干企业
33	深圳市银宝山新科技股份有限公司	中国大型精密注射模具重点骨干企业
34	上海崴泓模塑科技有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
35	广东科龙模具有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
36	宁海县大鹏模具塑料有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
37	宁海县第一注射模具有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
38	苏州汇众模塑有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
39	浙江台州美多模具有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
40	浙江凯华模具有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
41	浙江嘉仁模具有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
42	深圳市华益盛模具股份有限公司	中国大型注射模具重点骨干企业
43	广州毅昌科技股份有限公司	中国大型塑料模具重点骨干企业
44	宁波远东制模有限公司	中国大型塑料模具重点骨干企业
45	台州市黄岩星泰塑料模具有限公司	中国大型塑料模具重点骨干企业
46	台州精超力模塑有限公司	中国大型塑料模具重点骨干企业
47	成都航天模塑股份有限公司成都模具分公司	中国大型塑料模具重点骨干企业
48	深圳市宝鸿精密模具有限公司	中国大型塑料模具重点骨干企业
49	富诚汽车零部件有限公司	中国大型塑料模具重点骨干企业

（续）

序号	企业名称	授牌名称
50	上海戈冉泊精模科技有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
51	上海亚虹模具股份有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
52	亿和精密工业控股有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
53	东明兴业科技股份有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
54	东莞市立盛精密模具制造有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
55	宁波双林模具有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
56	宁波舜宇模具股份有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
57	宁波横河模具股份有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
58	台州市黄岩西诺模具有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
59	成都宝利根科技有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
60	江天精密制造科技（苏州）有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
61	苏州胜利精密制造科技股份有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
62	青岛英联精密模具有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
63	易模塑科技（深圳）有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
64	深圳市东方亮彩精密技术有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
65	深圳市麦士德福科技股份有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
66	深圳市昌红科技股份有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
67	揭阳市大立模具厂有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
68	厦门唯科模塑科技有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
69	慈溪市盛艺模具有限公司	中国精密注射模具重点骨干企业
70	四川省宜宾普什模具有限公司	中国精密多腔注射模具重点骨干企业
71	广东汇锋模具有限公司	中国塑料模具重点骨干企业
72	成都市联余精密机械有限公司	中国塑料模具重点骨干企业
73	佛山市顺德区百年科技有限公司	中国塑料模具重点骨干企业
74	浙江万隆模具有限公司	中国塑料模具重点骨干企业
75	深圳市扬帆精密模具有限公司	中国塑料模具重点骨干企业
76	深圳市鹏准模具有限公司	中国塑料模具重点骨干企业
77	湖南鑫隆模塑科技开发有限公司	中国塑料模具重点骨干企业
78	广州导新模具注射有限公司	中国汽车零部件塑料模具重点骨干企业
79	台州市凯华汽车模具有限公司	中国汽车零部件塑料模具重点骨干企业
80	浙江艾彼科技股份有限公司	中国汽车零部件塑料模具重点骨干企业

（续）

序号	企业名称	授牌名称
81	浙江伟基模业有限公司	中国汽车零部件塑料模具重点骨干企业
82	浙江赛豪实业有限公司	中国汽车零部件塑料模具重点骨干企业
83	滨海模塑集团有限公司	中国汽车零部件塑料模具重点骨干企业
84	东莞市中泰模具股份有限公司	中国大型级进冲压模具重点骨干企业
85	湖北齐星模具制造股份有限公司	中国大型冲压模具重点骨干企业
86	湖南同心模具制造有限公司	中国大型冲压模具重点骨干企业
87	天津市津兆机电开发有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
88	无锡国盛精密模具有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
89	无锡微研股份有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
90	北京航天振邦精密机械有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
91	扬州恒德工业科技有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
92	成都宏明双新科技股份有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
93	江苏荣腾精密组件科技股份有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
94	昆山嘉华电子有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
95	昆山德盛精密模具有限公司	中国精密冲压模具重点骨干企业
96	黄山三佳谊华精密机械有限公司	中国精密级进冲压模具重点骨干企业
97	宁波骏腾模具科技有限公司	中国冲压模具重点骨干企业
98	山东小鸭精工机械有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
99	东莞市铭科精技五金制品有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
100	吉林省元隆达工装设备有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
101	江苏卡明模具有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
102	苏州金鸿顺汽车部件股份有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
103	沧州市黄河汽车模具有限责任公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
104	河北隆泰模具有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
105	泊头市金键模具有限责任公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
106	南通超达装备股份有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
107	重庆大江至信模具工业有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
108	重庆数码模车身模具有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
109	烟台泰利汽车模具股份有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
110	浙江炜驰机械集团有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
111	浙江黄岩冲模有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业

（续）

序号	企业名称	授牌名称
112	祥鑫科技股份有限公司	中国汽车零部件冲压模具重点骨干企业
113	宁波全力机械模具有限公司	中国铸造模具重点骨干企业
114	宁波合力模具科技股份有限公司	中国铸造模具重点骨干企业
115	宁波强盛机械模具有限公司	中国铸造模具重点骨干企业
116	哈尔滨东安发动机（集团）有限公司工装公司	中国铸造模具重点骨干企业
117	象山同家模具制造有限公司	中国铸造模具重点骨干企业
118	广州市型腔模具制造有限公司	中国压铸模具重点骨干企业
119	宁波市北仑辉旺铸模实业有限公司	中国压铸模具重点骨干企业
120	宁波市北仑赛维达机械有限公司	中国压铸模具重点骨干企业
121	宁波市北仑鑫林机电模具有限公司	中国压铸模具重点骨干企业
122	宁波旭升汽车技术股份有限公司	中国压铸模具重点骨干企业
123	宁波臻至机械模具有限公司	中国压铸模具重点骨干企业
124	宁波鑫达模具制造有限公司	中国压铸模具重点骨干企业
125	中国南方航空工业（集团）有限公司工模具分公司	中国冲压模具、压铸模具重点骨干企业
126	通裕重工股份有限公司	中国铸铁管铸造模具重点骨干企业
127	合兴集团有限公司（模具中心）	中国小型精密模具重点骨干企业
128	宁波鸿达电机模具有限公司	中国电机铁心模具重点骨干企业
129	宁波震裕科技股份有限公司	中国电机铁心模具重点骨干企业
130	湘潭电机力源模具有限公司	中国电机铁心模具重点骨干企业
131	山东豪迈机械科技股份有限公司	中国子午线轮胎模具重点骨干企业
132	巨轮智能装备股份有限公司	中国子午线轮胎模具重点骨干企业
133	合肥大道模具有限责任公司	中国子午线轮胎模具重点骨干企业
134	揭阳市天阳模具有限公司	中国子午线轮胎模具重点骨干企业
135	安徽迈吉尔模具有限公司	中国橡胶轮胎模具重点骨干企业
136	长沙市金镂实业有限公司	中国塑料发泡模具、真空吸塑模具重点骨干企业
137	安徽鲲鹏装备模具制造有限公司	中国塑料发泡模具、真空吸塑模具重点骨干企业
138	滁州市宏达模具制造有限公司	中国塑料发泡模具、真空吸塑模具重点骨干企业

（续）

序号	企业名称	授牌名称
139	滁州市经纬模具制造有限公司	中国塑料发泡模具、真空吸塑模具重点骨干企业
140	滁州市科创模具制造有限公司	中国塑料发泡模具、真空吸塑模具重点骨干企业
141	昆山市三建模具机械有限公司	中国真空吸塑模具重点骨干企业
142	宁波方正汽车模具有限公司	中国注射、吹塑模具重点骨干企业
143	铜陵中发三佳科技股份有限公司	中国塑料异型材挤出模具、塑料封装模具重点骨干企业
144	安徽耐科挤出科技股份有限公司	中国塑料异型材挤出模具重点骨干企业
145	连云港杰瑞自动化有限公司	中国塑料异型材挤出模具重点骨干企业
146	洛阳市建园模具制造有限公司	中国塑料异型材挤出模具重点骨干企业
147	浙江精诚模具机械有限公司	中国塑料异型材挤出模具重点骨干企业
148	龙口市丛林机械制造有限公司	中国大型铝合金挤压模具重点骨干企业
149	广东国珠精密模具有限公司	中国注坯及吹瓶模具重点骨干企业
150	广东星联精密机械有限公司	中国注坯及吹瓶模具重点骨干企业
151	德玛克控股集团有限公司	中国注坯及吹瓶模具重点骨干企业
152	成都新志实业有限公司	中国玻璃模具重点骨干企业
153	苏州东方模具科技股份有限公司	中国玻璃模具重点骨干企业
154	河北安迪模具有限公司	中国玻璃模具重点骨干企业
155	常熟市精工模具制造有限公司	中国玻璃模具重点骨干企业
156	台州市黄岩双盛塑模有限公司	中国玻璃钢模具重点骨干企业
157	安徽力源数控刃模具制造有限公司	中国钣金折弯模具重点骨干企业
158	安徽联盟模具工业股份有限公司	中国钣金折弯模具重点骨干企业
159	湖北鄂丰模具有限公司	中国塑料管材管件模具重点骨干企业
160	湖北航天三江红林机电科技有限公司	中国医用丁基胶塞模具重点骨干企业
161	安徽宁国中鼎模具制造有限公司	中国橡胶密封减震制品模具重点骨干企业
162	安徽振兴拉丝模有限公司	中国金刚石拉丝模具重点骨干模具企业
163	洛阳洛轴工模具制造有限公司	中国轴承模具重点骨干企业
164	山东省四方技术开发有限公司	中国辊压模具重点骨干企业
165	广州市启泰模具工业有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
166	北京永茂机电科技有限公司	中国模具标准件重点骨干企业

（续）

序号	企业名称	授牌名称
167	优德精密工业（昆山）股份有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
168	邵阳兴达精密机械制造有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
169	武汉东风科尔模具标准件有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
170	杭州萧山精密模具标准件厂	中国模具标准件重点骨干企业
171	河源龙记金属制品有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
172	浙江科佳模架制造有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
173	深圳市平进股份有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
174	嘉兴迈特尔宝欣机械工业有限公司	中国模具标准件重点骨干企业
175	云智造电子商务（北京）有限公司	中国模具制造服务业重点骨干企业
176	北京数码大方科技股份有限公司	中国模具制造服务业重点骨干企业
177	苏州海华集团有限公司	中国模具制造服务业重点骨干企业
178	武汉益模科技股份有限公司	中国模具制造服务业重点骨干企业

2）“模具出口重点企业”评定授牌。我国模具出口额从 1999 年突破 1 亿美元后发展迅速，到 2010 年，模具出口额达 22 亿美元，首次超过进口，一跃成为世界模具出口大国。为推进模具行业“出口带动”的发展战略，鼓励模具出口企业进一步提升国际市场竞争力和企业的国际化程度，稳定我国的模具出口增长，2014 年，中国模具工业协会应行业的需要，在会员中开展“模具出口重点企业”的评定授牌。首次评定基础条件是：自愿申报；近三年年模具额在 100 万美元以上，模具出口额占本企业当年模具销售收入的 20% 以上。首批申报的 35 家企业中，有 32 家获得“模具出口重点企业”授牌。首批 32 家“模具出口重点企业”名单见表 2-42。

表 2-42　首批 32 家“模具出口重点企业”名单

序号	企业名称
1	山东豪迈机械科技股份有限公司
2	一汽模具制造有限公司
3	东江模具（深圳）有限公司
4	天津汽车模具股份有限公司
5	麦格纳技术与模具系统（天津）有限公司
6	深圳市银宝山新科技股份有限公司

（续）

序号	企业名称
7	亿森（上海）模具有限公司
8	瑞鹄汽车模具有限公司
9	巨轮股份有限公司
10	宁波方正汽车模具有限公司
11	青岛海尔模具有限公司
12	浙江凯华模具有限公司
13	东莞市立盛精密模具制造有限公司
14	无锡威唐金属科技有限公司
15	祥鑫科技股份有限公司
16	铜陵中发三佳科技股份有限公司
17	常熟市精工模具制造有限公司
18	广东科龙模具有限公司
19	安徽耐科挤出科技股份有限公司
20	湖北十堰先锋模具股份有限公司
21	青岛中科昊泰新材料科技有限公司
22	广东星联精密机械有限公司
23	崇业五金制品（深圳）有限公司
24	宁波合力模具科技股份有限公司
25	湖北鄂丰模具有限公司
26	苏州汇众模塑有限公司
27	四川成飞集成科技股份有限公司
28	安徽江淮福臻车体装备有限公司
29	宁海县第一注射模具有限公司
30	宝利根（成都）精密模塑有限公司
31	河北金环模具有限公司
32	群达模具（深圳）有限公司

6. 推动产业集聚区建设

随着我国模具工业的发展，一些模具产能较大、模具企业比较集中的地区，在各级地方政府引导和支持下，陆续建设了以“模具城”“模具园区”等名称出现的模具产业集聚区。经过多年的建设，至 2013 年年底，我国已有形成一定规

模的模具产业集聚区 20 多个，正在建设的尚有 10 多个。其中宁波模具产业园区已入选工信部产业集群区域品牌建设试点单位，模具产业集聚区已经成为我国模具产业发展的突出特点。中国模具工业协会始终关注模具产业集聚区的发展，并与地方政府合作，积极推动和指导模具产业集聚区的建设，分别在长沙和长春召开了两次全国性的集聚区建设交流会，并先后为宁波的余姚、宁海、北仑区，江苏昆山，浙江黄岩，河北黄骅、泊头，东莞横沥镇等地命名了特色模具产业基地，还应泊头市政府邀请和委托，为泊头汽车冲模生产基地编制了“十二五”发展规划。对模具产业集聚区的转型升级和健康发展起到了积极的促进作用。中国模具工业协会对模具采聚区的命名授牌情况见表 2-43。

表 2-43　中国模具工业协会对模具集聚区的命名授牌情况

命名授牌时间	模具集聚区名称
2005 年	中国北方（黄骅）模具城
2006 年	中国（宁海）模具城、中国模具产业基地
2007 年	中国（余姚）塑料模具制造基地
2008 年	中国（昆山）精密模具生产基地
2011 年	中国（泊头）汽车冲压模具生产基地
2011 年	中国（东莞横沥）模具制造名镇
2012 年	中国（宁波北仑）压铸模具产业基地
2013 年	中国模具产业转型升级（余姚）示范园

7. 作为负责单位起草国家标准《模具　术语》（GB/T 8845—2017）

2014 年，中国模具工业协会承担了负责起草《模具 术语》国家标准的工作。在全国模具标准化技术委员会的组织下，经过两年多时间和十多次工作组会议，于 2016 年完成报批稿。2017 年 7 月 12 日，国家标准化管理委员会批准发布。模具行业近 40 个有关大专院校、科研机构和模具企业参与标准的制定，近百名行业专家和标准化技术专家参与了标准的起草、审查和编辑工作。

《模具　术语》国家标准（GB/T 8845—2017）是最重要的模具基础标准，包含通用术语和冲模、塑料模、压铸模、锻模、粉末冶金模、拉制模、挤压模、辊压模、玻璃模、橡胶模、陶瓷模、铸造模 12 类模具专业的常用术语，词条数量达 1 300 多条。印刷出版的《模具　术语》国家标准（GB/T 8845—2017）全书 199 页，其中标准正文 149 页。

2.4.2 各地方模具行业组织概况

改革开放以来，我国模具制造业发达地区政府充分认识到模具在经济发展中的重要性，纷纷组建模具行业组织，协助政府推动当地模具技术和产业的发展。其中有些地方的模具行业组织的建立早于中国模具工业协会（1984年10月成立），如北京市模具行业协会（1982年成立，原名北京模具技术协会）、上海市模具技术协会（1979年更名）、四川省模具工业协会（1984年1月）等，但绝大部分地方模具协会都是在中国模具工业协会之后成立的。到“十二五”末，各地成立的模具行业组织超过80个（其中有些协会长期停止活动或注销，现在正常活动的有70多个）。地方模具协会充分发挥政府与企业间的桥梁纽带作用，为当地模具产业发展做出了积极贡献。

目前各地方模具协会基本上都是中国模具工业协会的团体会员。长期以来，中国模具工业协会一直保持着与各地方模具协会的密切合作，在推动我国模具行业的技术进步和产业发展方面，做了大量卓有成效的工作。各地方模具行业组织见表2-44。

表2-44 各地方模具行业组织

地区名称	数量/个	协会名称
北京市	1	北京市模具行业协会
天津市	2	天津市模具工业协会
上海市	2	上海市模具行业协会 、上海市模具技术协会
重庆市	1	重庆市模具工业协会
河北省	4	河北省模具行业协会、 石家庄市模具工业协会、泊头市汽车模具工业协会 、黄骅市模具工业协会
山西省	2	山西省模具工业协会 、太原市模具工业协会
辽宁省	5	辽宁省模具工业协会、辽宁省模具制造行业协会、沈阳市模具工装行业协会、大连市模具协会、瓦房店市模具行业协会
吉林省	2	吉林省模具工业协会、长春市模具工业协会
黑龙江省	2	黑龙江省模具工业协会、哈尔滨市模具工业协会
江苏省	11	江苏省模具工业协会、南京模具工业协会、常州市模具工业协会、无锡模具工业协会、苏州市模具行业协会、南通市模具工业协会、昆山市模具工业协会、扬州市模具技术协会、徐州市模具工业协会、常熟市沙家浜镇玻璃模具协会、盐城市模具技术协会

（续）

地区名称	数量 / 个	协会名称
浙江省	18	浙江省模具行业协会、浙江省模具工业联合会、宁波市模具行业协会、宁波市北仑区模具工业协会、象山县模具行业协会、宁海县模具行业协会 、余姚市模具工业协会、慈溪市模具行业协会、奉化市模具行业协会、嘉兴市模具行业协会、黄岩模具行业协会、台州市模具行业协会、温州市模具协会 、乐清市模具行业协会、金华市模具行业协会、永康市模具行业协会、义乌模具行业协会 、杭州萧山模具协会
安徽省	3	安徽省模具工业协会、芜湖市模具协会、滁州市模具协会
福建省	5	福建省模具工业协会、福州市模具工业协会、厦门市模具行业协会、泉州市模具工业协会、三明市模具行业协会
江西省	1	江西省模具工业协会
山东省	4	山东省模具工业协会、青岛市模具行业协会、济南市模具行业协会、烟台市模具工业协会
河南省	5	河南省模具工业协会、洛阳市模具工业协会、开封市模具协会、长葛市模具行业协会、新乡市模具工业协会
湖北省	2	湖北省模具工业协会、武汉市模具工业协会
湖南省	1	湖南省模具工业协会
广东省	11	广东省模具工业协会、广东省机械模具科技促进协会、广州市模具工业协会、汕头市模具工业协会、佛山市模具行业协会、佛山市南海区里水模具塑料五金行业协会、东莞市五金机械模具行业协会、东莞市机械模具产业协会、深圳市模具技术学会、深圳市机械行业协会、东莞横沥镇模具行业协会
广西壮族自治区	1	广西壮族自治区模具工业协会
四川省	3	四川省模具工业协会、成都市模具工业协会、成都经济技术开发区模具工业协会
云南省	1	云南省模具工业协会
陕西省	2	陕西省模具工业协会、 西安市模具工业协会

2.5 我国模具行业存在的主要问题

2.5.1 模具设计制造的关键软硬件全部依赖国外

我国目前虽然已是模具生产大国，但模具设计制造的关键软硬件几乎全部由国（境）外引进。模具设计使用的 CAD/CAM/CAE 软件 95% 以上来自国（境）外，而且 80% 左右是同一品牌的产品，越来越严重的垄断行为不仅造成我国模具企

业软件使用成本不断提高，也对我国制造业网络化、智能化的技术创新形成制约。

我国模具加工中关键工序使用的数控加工中心全部来自国（境）外，其中主要是德国、瑞士、意大利、日本、美国，少部分来自西班牙、韩国和我国的台湾地区，这些存量设备大约 20 亿～ 25 亿美元。随着新技术的推出、产能增加和技术改造，我国模具行业每年仍有约 1 亿美元的高档数控设备需要采购。

从国外进口的模具材料，特别是模具钢，虽然数量上占我国模具钢消耗量的不到 10%，但其金额却占模具材料消耗总额的 30% 左右。而且，由于进口模具钢多用于国外或合资品牌的产品（如汽车、电子与信息产品等）生产所用的高端模具上，他们的钢号或品牌影响力远大于国产模具钢，以至于我国模具行业中在模具设计图样和供货合同上大量使用国外钢号（或牌号），而我国（工）模具钢标准中的钢号却很少出现。

2.5.2 模具大用户行业间模具供应能力不平衡

由于用户行业不同和发展阶段的差异，对模具的制造技术和供应能力的要求也不同，造成模具行业产品和产能调整的压力。如我国汽车产量的迅速增加和轻量化技术的快速发展，对汽车车身冲模、大型精密塑料模具、大型压铸型提出巨大需求空间，而我国的家电、包装、电子等模具行业虽产能富裕，但受到技术、标准等条件限制，产能转移的速度还不能满足汽车发展的要求。其他新兴模具用户行业也存在类似汽车行业的现象，如医疗器械、高铁、航空等。

2.5.3 面向模具制造的现代服务业发展相对滞后

知识型模具制造服务业，如模具信息化技术开发和服务公司、设计公司以及基于互联网和工业云环境的研发、设计、编程公司，发展速度不快，水平不高。

2.5.4 企业自主创新能力低，品牌影响力不够

我国的模具企业经过 30 多年的发展，技术水平和经营能力都有了很大提高。但除少量企业外，企业自主创新能力总体上偏低，企业的品牌影响力不够，在国际市场竞争中主要以装备水平和价格优势取胜。

第 3 章

世界模具产业的发展情况

3.1 主要先进国家模具产业发展历程和特点

模具的应用可追溯到公元前 4 000 年前的青铜器时代，精美的青铜器大多用砂型（也称“范”）铸造制成，战国时期则用来制作各种兵器。公元前 500 年前后春秋战国时期，我国开始用陶土制作的“范”（多达一模十二腔）铸造（铜等金属）钱币。模具的大规模工业应用始于 20 世纪初期福特发明的汽车生产线技术，流水线批量大、低成本的汽车生产方式，带动了板材冲压机床与模具、铸造工艺与模具、锻造设备与模具及橡胶机械与轮胎模具的发展。20 世纪 50—70 年代，德国、意大利、美国等发明了系列高性能工程塑料后，迅速在汽车、家电、电子与信息产业、包装、建材等行业得到应用，进一步推动了热塑性塑料加工技术与塑料模具（特别是注射模具）的发展。

由于制造业对模具产业的巨大拉动作用，工业发达国家的模具工业起步早，发展也快。同时，模具的设计、制造是一个技术密集、人才密集、资金密集的高技术产业，工业发达国家的模具工业体系比较完整，整体水平比较高。

美国、日本、德国、意大利、瑞士、法国、加拿大等工业发达国家对在模具设计技术及软件、模具加工技术与装备、模具材料与标准件研发、模具人才培训、新型模具开发及模具企业经营管理模式创新方面，一直引领着世界模具产业的发展；韩国、新加坡、我国的台湾和香港地区（20 世纪七八十年代的“亚洲四小龙”）以及西班牙等地的模具产业也曾在世界模具界产生过较大影响。

我国的现代模具工业虽然起步晚，但在我国制造业快速发展的市场拉动和各级政府的大力支持下，发展迅速。我国的模具生产不仅基本满足了我国制造业发展对模具的市场需求，而且形成了主要门类模具批量出口的能力。到“十一五”末，我国已是世界模具生产大国和出口大国。当然，我国的模具工业还只是“大”，与先进国家的模具产业相比，我们的基础还不够深厚，体系还不够完整，创新型人才比较缺乏，整体上还处在“由大转强”阶段。

3.1.1 美国模具产业

由于工业化的高度发展，美国模具产业早已成为成熟的高技术产业，处于世

界前列。美国既是模具 CAD、CAM、CAE 设计技术的发明者，也是商品化设计软件的最主要供应商，如大型通用机械设计软件 Pro/E、UG（现 Siemens NX），塑性成形分析软件 DEFORM，汽车冲压件成形分析软件 DYNAFORM 等，其中 UG（现 Siemens NX）软件占据着我国模具设计 80% 以上的市场份额。美国的模具标准件、模具加工高速切削刀具也供应全球模具制造行业。美国的精密加工机床制造历史悠久，精度及耐用性高，曾是工模具制造行业的首选。美国开发生产的 MOORE 坐标磨床至今仍是全球精密冲模、模具标准件等精密零部件加工的主力机型。美国开发的模具设计技术和加工技术（装备），引领着模具制造技术的发展。

美国的模具企业现有 6 000 多家，主要是中小企业（50 人以下的企业占 90% 左右）。美国模具企业的专业化生产程度很高，每个模具厂都专注于自己的优势产品开发和生产，在经营策略上强调分工和合作，以降低在市场中的竞争激烈程度。

美国的模具制造业发展在 20 世纪中后期达到顶峰。随着制造业全球化进程的加快和美国制造业的向外转移以及中国等发展中国家（地区）制造业的崛起，美国的模具制造业在进入 20 世纪末 21 世纪初开始出现萎缩，一些家庭式私营企业由于市场竞争力下降、设备与技术更新能力不足、人力资源缺乏（包括企业继承人）等，企业经营困难，其中不少企业转行、出卖甚至关闭。美国政府非常重视美国模具行业向其反映的行业情况，2003 年 4 月，指派两名国会调查员到中国（之后还要到日本、巴西、加拿大及中国台湾），调查中国模具对美出口造成对美国模具制造业“潜在威胁”问题。按原国家经贸委产业损害调查司要求，中国模具工业协会参与了接待美国国会调查员的工作，在国家经贸委产业损害调查司组织的座谈会上，中国模具工业协会介绍了中国模具工业概况和中美间模具贸易情况，向美方提供了中国海关相关数据，特别强调了不仅在模具产品贸易中中国是逆差（2002 年中国进口美国模具 9 000 万美元，向美出口模具 1 200 万美元），在技术和装备贸易中，中国向美国的出口几乎为零。2002 年 9 月，美国国会调查员的调查报告中提到，中国对美出口造成对美国模具制造业“潜在威胁”程度排在这次调查的 5 个国家（地区）最后。因此，美国国会未将制裁中国模具出口作为当年国会讨论议案。这次“调查事件”从一个侧面反映了美国模具制造业下滑在美国制造业和美国政府中引起的震动。

美国模具与加工协会（National Tooling and Machining Association，NTMA）（简称美国模协）是代表美国中小模具企业的全国性行业组织，组建于 1943 年，现有会员 1 300 家左右，成员主要是从事模具制造和精密加工的中小企业。制造业中，大型跨国公司一般都是美国制造商协会（National Association of Manufacturers，NAM）的会员，如 Boeing 、 Caterpillar 等。由于受到制造业全球化影响最大的是中小模具企业，因此，美国模协自 2010 年 Dave Tilstone 担任会长后，更加关注为会员提供价值，并成立工作团队。通过建立包括世界顶尖技术专家在内的合作伙伴网络，着力推动其战略规划的实施。同时，指导美国模协为美国的模具产业开拓国际业务、开发人力资源提供服务支持，并通过回顾美国模具产业发展成长的辉煌历史，鼓励会员再创美国模具制造业新的繁荣，重振美国模具制造业在世界模具界的雄风。Dave Tilstone 因此被推选担任了 2014—2017 年国际模协的主席。

在 2008 年国际金融危机发生后，美国政府重新提出发展以制造业为代表的实体经济，美国总统奥巴马上任伊始就提出所谓“制造业回归”，以期解决美国经济的空心化和日益严重的就业问题。联邦政府发出号召，各制造业发达的州、区马上行动，纷纷组织到制造业发展较快的国家（地区）进行招商引资。如航空、航天和汽车制造业发达的密歇根州政府就多次到中国招商，其中委派州经济发展署官员分别于 2012 年（上海）、2014 年（北京）到中国模具工业协会举办的国际模具产业发展论坛上介绍密歇根州的投资环境和引资政策，鼓励中国的模具企业到美国投资办厂，特别是 2013 年在中国模具工业协会与美国亚太商会联合举办的“中美汽车模具技术交流、商贸洽谈大会”（美国底特律）上，密歇根州经济发展署副署长亲自到会，以“Pure Michigan”为题，全面介绍了密歇根州的地理、人文和投资环境，并参加了大会的全部重要活动，招商引资的急迫心情可见一斑。

在美国“制造业回归”战略的推动下，日本、中国台湾等地的模具企业加大了在美国的投资，我国的深圳银宝山新科技股份公司（主要生产塑料模具）、山东豪迈集团（主要生产橡胶轮胎模具）等模具企业也在美国投资建厂。其中最引人注目的是台资企业富士康公司（目前最大的生产基地在中国大陆）2017 年与美国签署的在美投资建厂的协议，估计 150 亿美元的投资完成后，将形成大约 12 亿～ 15 亿美元的高档模具市场需求，为美国模具制造业的振兴提供了很好的机遇。2002—2012 年美国模具进出口情况如图 3-1 所示。

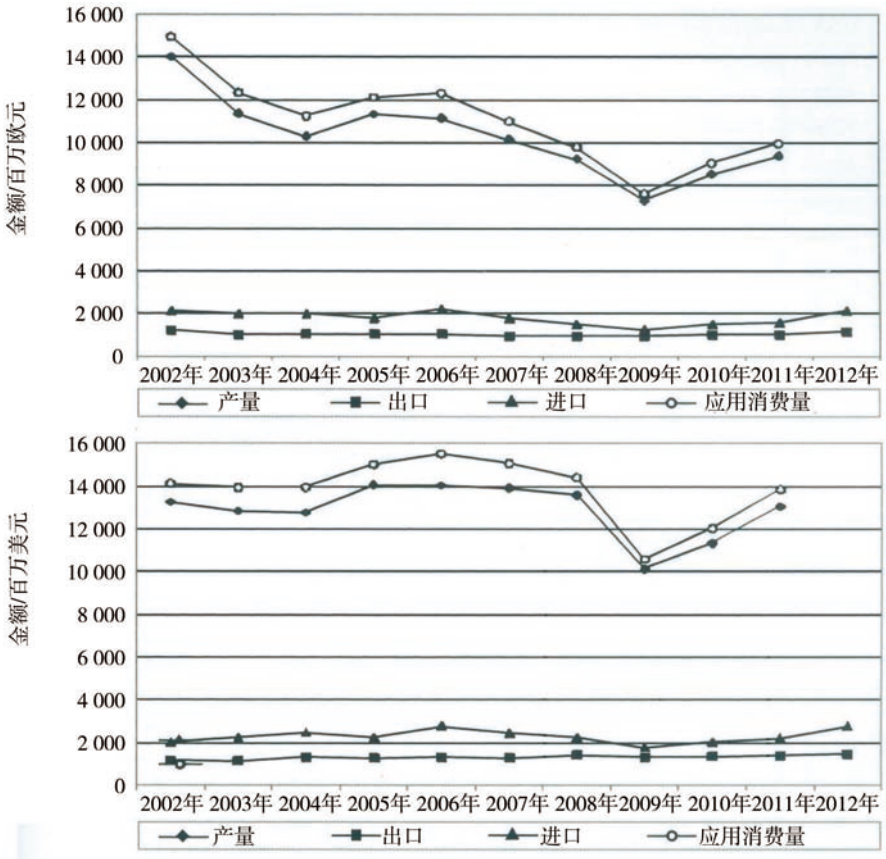


图 3-1 2002—2012 年美国模具进出口情况

注：来自美国工模具总报告。

3.1.2 日本模具产业

日本的模具制造技术水平目前仍处在世界一流行列。首先，在模具加工技术方面，日本模具界开发的精密切削技术、精密电加工技术、模具抛光技术、模具热处理及表面强化技术和模具装配及试模技术，一直处于世界模具制造技术的领先地位。之所以如此，得益于日本精密加工机床和精密加工工艺的研发和应用。日本一些知名的精密机床公司长期与模具企业保持着密切合作、共同发展的关系，一起打造了日本高端数控机床和日本模具的世界级品牌，也成为 20 世纪我国模具制造技术最主要的引进来源。在企业经营管理技术方面，日本模具行业推行的精益制造、全员质量管理和生产经营信息化，也成为模具行业提升竞争力的经典和示范。总之，日本模具制造技术的高水平来源于日本具备的完整、高水平的模具工业体系：高水平的机床工具行业。日本具有众多世界级高端精密

机床公司，如牧野（MAKINO）、大偎（OKUMA）、沙迪克（SODICK）、发那科（FANUC）、森精机（MORI SEIKI）、三菱（MITSUBISHI）等，是世界模具行业高档数控机床最大供应国。近年来，森精机通过增购德国的 DMG 公司股票（MORI DMG），进一步奠定日本在这一领域的优势地位。在生产和供应体系方面，日本大同特殊钢株式会社（Daido Steel Co.，Ltd.）、日立金属株式会社、日本神户制钢所（KOBELCO）等钢铁公司生产的模具钢材在亚洲市场上获得较高评价，占有相当份额。在高水平的模具标准件生产方面，日本的模具标准件研发生产供应体系完整，水平较高，是全球模具标准件产品和技术标准的主要输出国。如日本米思米集团（MISUMI）是全球专业零配件供应商，供货品种达到 900 万种，其主要业务之一是开发并提供冲模、注射模、压铸型等模具标准件和精密模具零件（品种达 45 万种）。米思米为提高模具设计效率，不仅根据用户要求建立标准体系，还自主研发了模具设计辅助软件（MoldEX-Press），通过 STEP、IGES 等通用格式数据，可实现与 AutoCAD、UGNX、Pro/E 系统对接。米思米集团在全球 10 多个国家（包括美国、德国、韩国、印度、中国等）建立了分公司，在中国就有 10 个代表处和 2 个生产基地。日本双叶电子工业株式会社（FUTABA Futaba Corp.）是另一个专业研发生产模具（冲模）标准件和模具零件的公司，日本双叶电子工业株式会社首先带领日本产业迈向标准制模的工业标准，之后又推动日本双叶电子工业株式会社规格成为亚洲模具制造的标准，成为业界的先驱；形成素质较高的模具技术、技能人才队伍。通过对大型模具设计、制造软件的应用和二次开发，培养了一支数字化模具设计技术力量。同时，在模具行业还成长起了大批高技能人才。

日本的现代模具产业开始于 20 世纪 50 年代中期，主要受到日本经济快速恢复和汽车、电子电器和家电行业发展的拉动。日本政府意识到模具对制造业发展的支撑作用，于 1957 年组建了日本模具工业协会（Japan Die & Mold Industry Association， JDMIA），并陆续颁布了《机械工业振兴临时法》《特定电子工业及机械工业振兴临时措施法》《中小企业现代化促进法》等支持中小型制造企业发展的法律。通过这些法律的实施，专业模具厂可以从政府获得低息或无息贷款，专门用于企业的设备更新和技术改造，经过三个五年计划的实施，大大提升了日本模具的专业化生产程度和模具制造技术水平。

由于日本汽车、电子电器、办公自动化设备等制造业的快速发展，日本的模具市场能力（产值 / 销售额）在 20 世纪 90 年代初达到顶峰，接近 2 万亿日元（约

200 亿美元，占当时世界模具产值的 40% 左右），模具生产厂也多达近万家。随着日本产品制造业大规模向本土以外地区的转移（主要是东亚和东南亚），日本国内的模具市场开始减少，模具行业竞争加剧，不少模具企业出现经营困难。为应对这一局面，日本的模具企业纷纷跟随用户行业的外移而到国外建厂（仅在中国大陆独资或合资建厂的模具企业就有 500 家左右）。因此，日本国内的模具生产厂缩减到 5 000 ～ 7 000 家，年产值下降到 15 000 亿日元左右（150 亿美元左右），并在此水平上稳定了十余年（1995—2005 年）。在此期间，由于韩国、中国及中国台湾地区模具制造能力提升和中低端模具进入日本市场，日本的模具产业进行了结构调整，转向主要生产精密复杂的中高端模具，以满足国内市场和增加出口。2006 年以后，日本国内模具产值由 13 000 亿日元左右逐步下降到 1 万亿日元左右，模具出口保持了 20 亿美元以上。2002—2012 年日本模具进出口情况如图 3-2 所示。

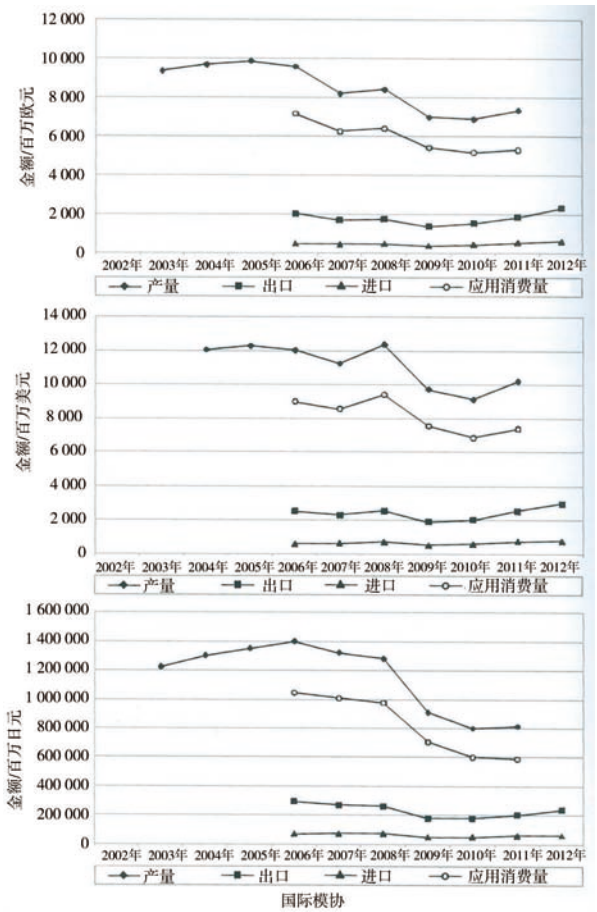


图 3-2　2002—2012 年日本模具进出口情况

注：来自日本工模具报告。

日本模具工业协会自 1957 年成立以来，及时向政府反映模具行业发展中的问题和困难，积极参与政府支持模具产业发展的制定和落实；组织会员企业与模具企业的技术交流和国内外模具市场信息的收集和分析，为会员企业和日本模具产业的发展服务；积极参加国际组织并参与国际活动，扩大和提高日本模具的影响力。日本模具工业协会于 1972 年加入国际模协（ISTA），1992 年作为发起国组建亚洲模具协会联合会并担任主席，1998 年随日本模具工业协会成员加入国际模协，2016 年再次单独加入国际模协，日本模具工业协会现有会员 900 个。

日本模具工业协会与中国模具工业协会始终保持着密切联系和友好合作关系，在中国模具工业协会的筹备组建、中国政府制定支持模具产业发展政策过程中提供了有益的建议，在中国模具工业协会的活动中保持着良好的合作关系。

3.1.3 德国模具产业

德国模具制造技术居于世界先进行列，其精密制造装备（高档数控机床和先进的数字化测量设备）的世界领先优势和高素质的“德国制造”工匠精神，西门子收购全球应用最广的美国 UG 模具设计软件，使得德国进一步占据模具数字化设计技术的前沿。目前德国是模具数字化设计技术、高档数控加工机床和数字化测量仪器（设备）的输出大国之一。

德国是欧洲最早从事模具生产的国家之一，也是欧洲模具生产量最大的国家。根据德国机械设备制造业联合会（VDMA）资料，德国的模具厂商约 5 000 家，产业结构仍以中小型企业为主。20 人以下占 80%，20 ～ 100 人占 19%，100 人以上占 1%，专业化程度非常高。进入 21 世纪，德国国内主要转向高端模具的生产，模具销售一直稳定在 50 亿～ 60 亿美元。由于德国模具制造技术、模具质量在全球享有盛名，德国成为全球最重要的高端模具供应国之一。德国模具行业多年保持在国际市场中的强势地位，出口率一直稳定在 33% 左右（16 亿～ 20 亿美元）。由于中德模具的高度互补，目前中国是德国在欧洲之外的最大模具贸易伙伴。2002—2012 年德国模具进出口情况如图 3-3 所示。

德国机械设备制造业联合会是欧洲工业领域最大且最为重要的机构，下设 37 个专业协会，其中精密模具分会是代表德国模具行业的国际模协会员。2004 年德国机械设备制造业联合会在中国设立了办事处，其驻北京办事处首席代表多次出席中国模具工业协会举办的活动并保持着联系，也为中德两国模具界的交流、

互信、合作做了大量工作。德国模具制造商协会是德国模具行业中影响力较大的行业组织，2014 年与中国模具工业协会建立联系，开展了互访活动，并在人才培训方面开展了合作。

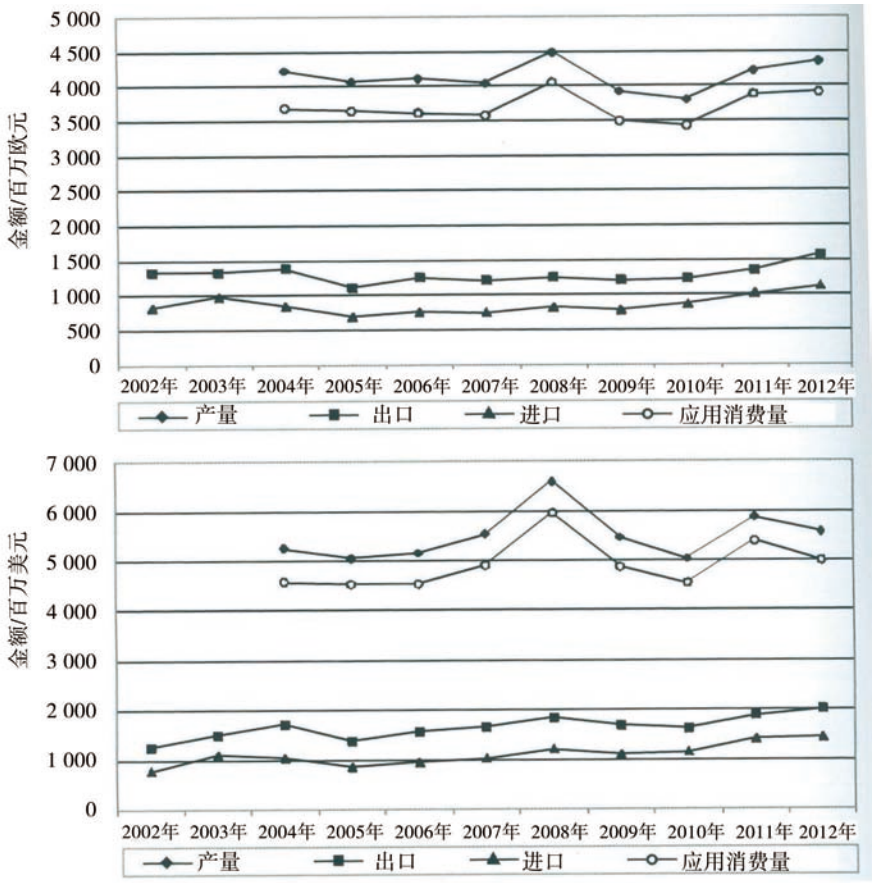


图 3-3 2002—2012 年德国模具进出口情况

注：来源于德国工模具总报告。

3.1.4 意大利模具产业

意大利是欧洲最早从事模具生产的国家之一，生产能力仅次于德国，在欧洲排第二。由于意大利的机床特别是大型数控机床制造业比较发达（意大利的菲迪亚 FIDIA 数控系统是世界四大主流数控系统之一），因此，意大利的模具制造技术也曾位居世界先进行列。我国模具行业（如汽车覆盖件冲模）目前仍有不少企业在使用意大利的大型五轴加工中心。

意大利模具产值近十年来稳定在 25 亿～ 35 亿美元，模具出口在 10 亿～ 15 亿美元，出口率高达 40% 且稳定增长。在我国进口模具货源地中，意大利连续多年位列前 10 名。2002—2012 年意大利模具进出口情况如图 3-4 所示。

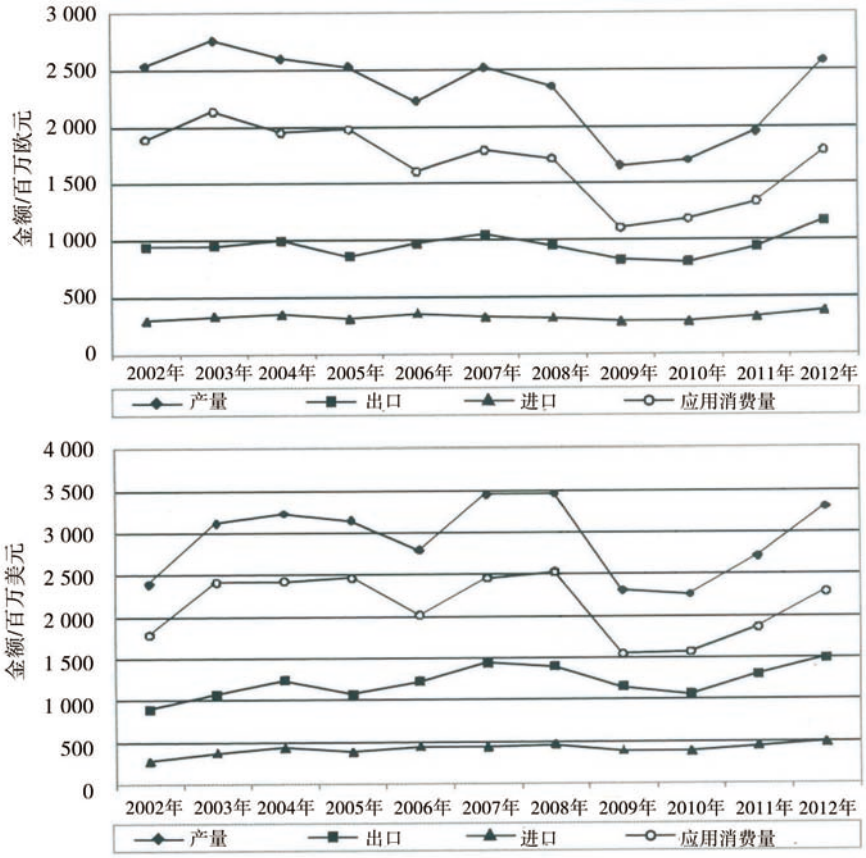


图 3-4 2002—2012 年意大利模具进出口情况

注：来源于意大利工模具总报告。

3.1.5 法国模具产业

近年来，法国的模具制造业由于国内模具市场萎缩而有所下滑，模具行业产值徘徊在 10 亿美元，模具出口在 5 亿美元左右，出口率达 50%。由于生产成本上升等因素，法国国内生产的模具品种、档次不全，所以，每年需进口 4 亿美元左右的模具填补国内模具市场的空缺。2002—2012 年法国模具进出口情况如图 3-5 所示。

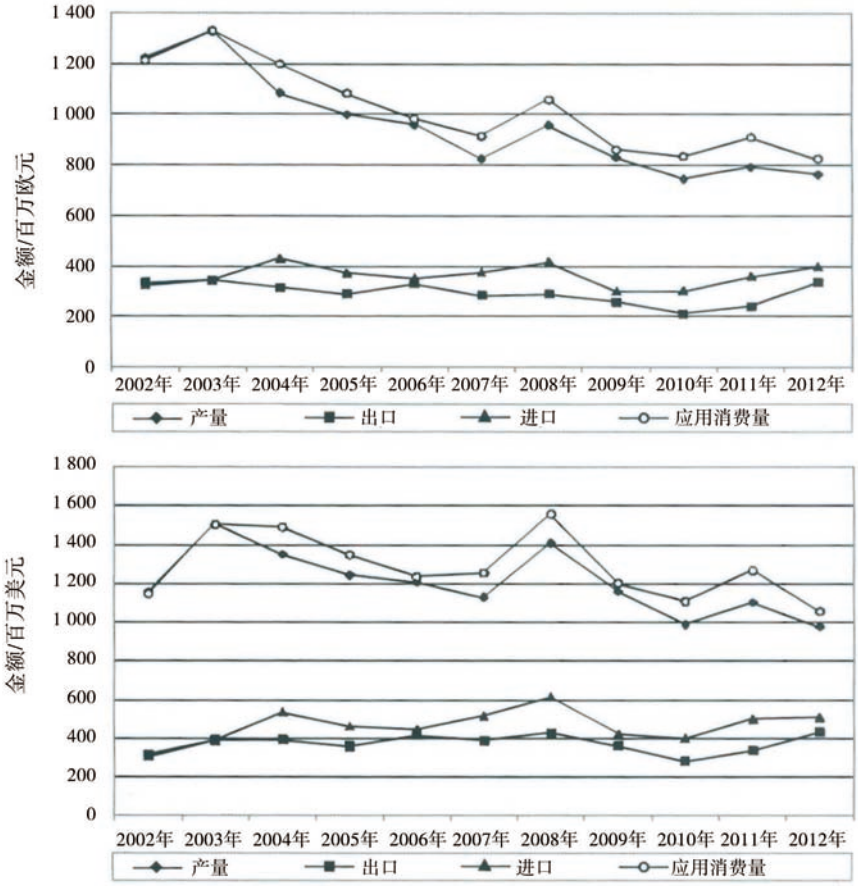


图 3-5 2002—2012 年法国模具进出口情况

注：来源于法国工模具总报告。

3.1.6 韩国模具产业

韩国的模具产业虽然起步较晚，但发展速度很快，模具产值从 21 世纪初的 13 亿美元快速增长到 2011 年的 54 亿美元，年均增长超过 30%。由于韩国国内模具市场较小（30 多亿美元），因此，韩国模具产业的发展目标主要是出口。2002—2012 年韩国模具进出口情况如图 3-6 所示。韩国模具出口增长情况与模具产值的增长趋势完全相同（模具出口值 21 亿美元），模具出口率在 39% 左右。韩国模具出口的主要目标地区是日本、中国和东南亚地区，2016 年向中国出口的模具达到 5 亿多美元，占其全部模具出口的 20% 以上，排在我国进口模具货源地的首位。

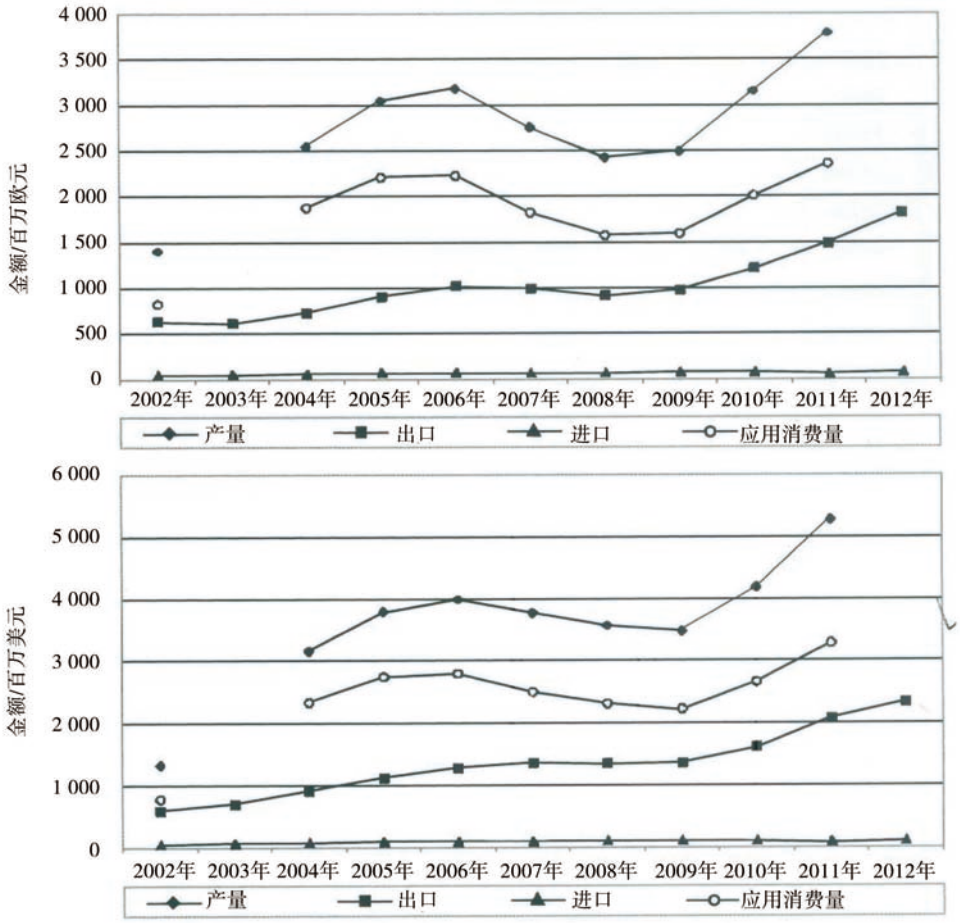


图 3-6 2002—2012 年韩国模具进出口情况

注：来源于韩国工模具总报告

3.1.7 加拿大模具产业

由于加拿大国内模具市场极其有限（7 亿美元左右），加拿大的模具产业发展目标主要是出口。加拿大模具产业的布局也比较集中，与美国底特律隔湖相望的温莎地区集中了加拿大 40% 的模具企业，主要为美国三大汽车公司生产模具，其他地区的模具企业的产品也主要用于出口，因此，加拿大的模具出口率近十多年来始终保持在 75% 以上。而国内模具消费量的 50% 需要通过进口模具来解决。2002—2012 年加拿大模具进出口情况如图 3-7 所示。

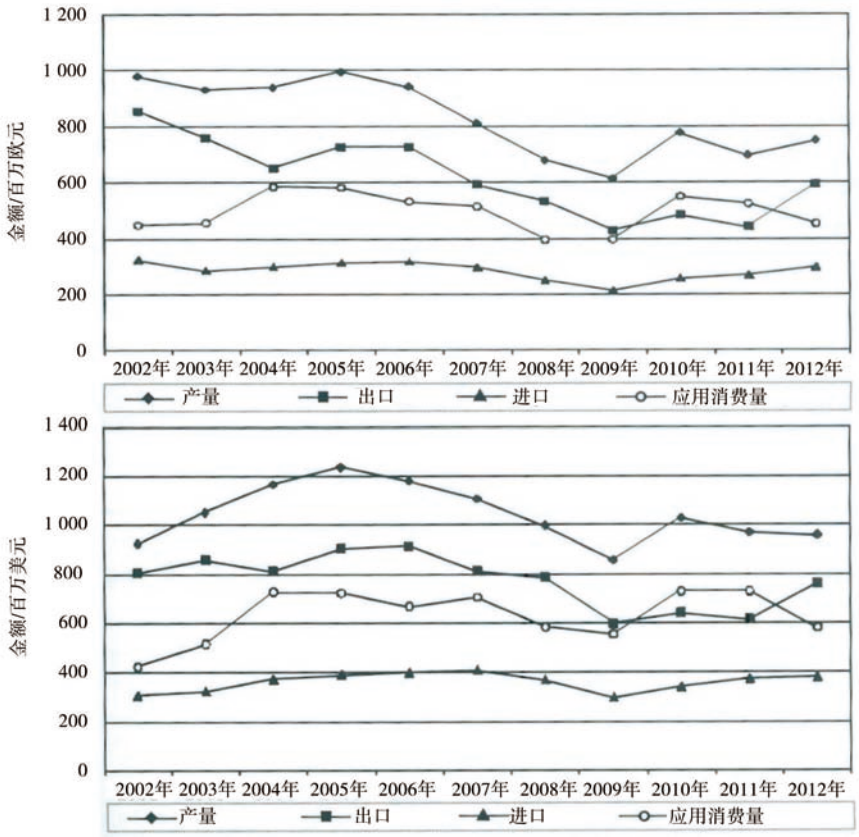


图 3-7 2002—2012 年加拿大模具进出口情况

注：来源于加拿大工模具总报告。

3.2 国外模具进入我国模具市场情况

20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期，我国的家电、电子电器、建材等产品制造业发展快速，而这些产品的零部件生产线基本由国外引进，所需的大量模具我国还不能制造，主要靠国外进口。在 1986—1996 年的 10 年间，进口模具一直占据我国模具相应年消耗量的 20% 以上，有的年份（1996 年）竟高达 34%。当时的模具进口主要来自日本和中国的香港和台湾。1996 年以后，虽然我国模具制造能力得到提升（包括外资模具企业），但由于高端模具制造能力不足以及汇率变化等因素，进口模具仍然占据我国模具市场的 20% 以上，直到 2006 年才开始逐步下降至 20% 以内。1986—2016 年进口模具在我国市场的占比如图 3-8 所示。

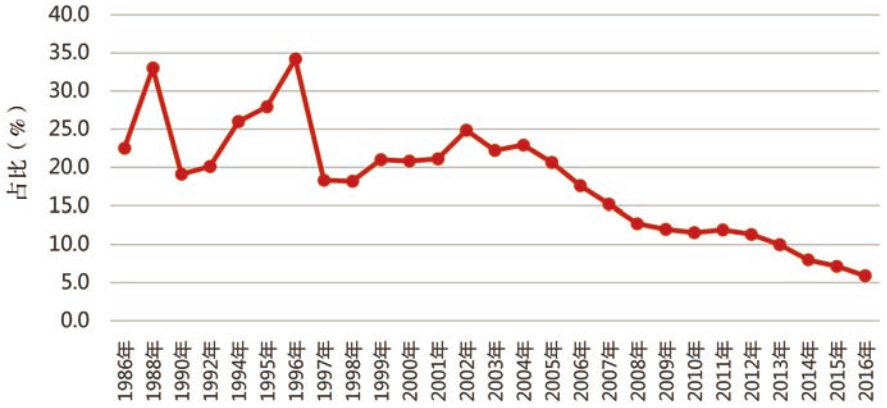


图 3-8　1986—2016 年进口模具在我国市场的占比

进入 21 世纪以来，我国进口模具的主要货源地在不断变化，但主要进口国如日本、韩国、德国、美国、意大利、加拿大等国家和中国台湾地区则始终排在模具进口额的前 10 名内，表明这些模具强国在我国高端模具市场中的竞争优势仍然很强。而且进口额排在前 5 名的进口总额占到前 10 名总额的 90% 左右，占当年我国进口模具总额的 80% 以上。 2004—2016 年我国进口模具主要货源地按进口额（1 000 万美元以上）的排序见表 3-1。

表 3-1　2004—2016 年我国进口模具主要货源地按进口额（1 000 万美元以上）的排序

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2004	日本	中国台湾	韩国	德国	中国香港	美国	意大利			
2005	日本	韩国	中国台湾	德国	美国	意大利	中国香港			
2006	日本	韩国	中国台湾	德国	美国	中国香港	意大利	新加坡		
2007	日本	韩国	中国台湾	德国	美国	新加坡	意大利	中国香港	加拿大	法国
2008	日本	韩国	中国台湾	德国	美国	加拿大	意大利	法国	中国香港	新加坡
2009	日本	韩国	德国	中国台湾	美国	加拿大	意大利	新加坡	丹麦	法国
2010	日本	韩国	中国台湾	德国	加拿大	美国	意大利	马来西亚	新加坡	丹麦

（续）

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2011	日本	韩国	德国	中国台湾	美国	加拿大	意大利	新加坡	卢森堡	丹麦
2012	日本	韩国	德国	中国台澎金马关税区	加拿大	美国	意大利	瑞士	新加坡	西班牙
2013	日本	韩国	德国	中国台澎金马关税区	美国	加拿大	意大利	西班牙	新加坡	法国
2014	韩国	日本	中国台澎金马关税区	德国	美国	意大利	加拿大	西班牙	卢森堡	瑞士
2015	韩国	日本	德国	中国台澎金马关税区	美国	加拿大	西班牙	意大利	奥地利	瑞士
2016	日本	韩国	德国	中国台澎金马关税区	美国	意大利	加拿大	泰国	瑞士	西班牙

3.3 国（境）外模具企业在我国投资建厂及其发展情况

随着我国改革开放的不断深入和制造业的快速发展，作为产品制造业重要支撑的我国模具产业也在发展中不断进行调整，其中“三资”（中外合资、中外合作、外资独资）模具企业的建立和发展，在我国模具产业的发展过程中扮演了重要角色，对我国模具工业的现代化发挥了有益的促进作用。

我国现有三资模具企业 3 000 家左右（不含产品生产厂中模具研制、维修部门），占我国模具企业（含模具厂）总数的 10% 左右。主要分布在我国广东（深圳、东莞、广州、佛山等）、江苏（苏州、无锡、常州、南通等）、山东（青岛、烟台、威海等）、辽宁（大连）、上海、天津、浙江（宁波）等制造业发达的沿海地区。最早在我国大陆建立三资模具企业的是日本和我国的香港地区和台湾地区的企业。

改革开放初期，香港地区有数万家从事家电、电子通信、塑料及包装制品、建材、玩具等产品及零部件生产的企业进入内地（主要在广东地区），其中 15% 左右的厂家配备有模具制造和维修部门。随着我国经济的快速发展，一些大型产品生产企业将其模具制造部门建成独资或合资的专业模具厂，不仅满足了自身模具需要，更多地进入了全球模具市场，成为最早的三资模具企业形态。同时，香港的专业模具厂（公司）也通过建立生产基地等方式，在大陆建立独资或合资的模具公司，如香港龙记集团（世界四大模架制造商之一，主要生产标准模架、定

制模架、高精度互换板模架及与之配套的模架零配件）1991 年在广东省租用厂房试产标准模架，1997 年成立河源龙记公司，销售收入曾超过 20 亿元，成为我国最大的模架及模具零件生产企业。在杭州等地也建有分公司。目前，港资的三资模具企业约 1 200 家，涉及电子通信、包装、建材、汽车零部件、玩具等产业的模具制造和模具标准件的制造，为我国模具的产业发展和人才培训做出了积极贡献。

日本模具企业进入我国的起点比较高，大部分到我国投资办厂的企业都是知名的大型模具公司。这些公司最初主要是为降低日本在华产品制造业企业（如家电、电子电器、集成电路、数码产品、精密机械、汽车零部件等）的模具成本而在我国投资建厂，办厂方式主要是独资和合资。如 1990 年，由日本盘起工业株式会社在大连投资建立的盘起工业（大连）有限公司，最初的注册资金 231 万美元，投资总额 338 万美元，员工人数 37 人，租赁厂房 2 500m^2。经过日本盘起工业株式会社的 12 次增资，到 2015 年注册资本达到 3 250 万美元，投资总额 9 750 万美元，员工人数 2 787 人，占地面积 66 158.92m^2，并在东莞、无锡和重庆等地建有分公司或生产基地。公司主营产品涵盖冲模零部件、塑料模具零部件、汽车模具零部件、工厂自动化零件及客户定制零件等 147 大类，近 20 000 种产品。由锡洲国际有限公司和日本微研（MICRO & RESEARCH CO.，LTD.）出资组建而成的无锡微研有限公司于 1994 年成立，注册资本 13.2 亿日元，累计投资额达 3 亿元，是一家以设计制造空调翅片模具、电机铁心模具、半导体模具以及各类高精密级进冲模为主的专业模具公司，主要为日本在华电子、电器、电机等制造企业提供模具。目前我国大陆的日资模具企业约 500 家，他们的经营理念和管理模式对我国模具产业发展有着重要影响。

我国台湾的企业在大陆投资建立模具企业的也较多，其办厂模式主要有三类：一是大型产品制造企业中的模具公司或事业部，与其母公司一起进入大陆，典型代表是富士康科技集团（专业生产 3C 产品及半导体设备全球最大的电子产品制造商）中的模具厂。富士康科技集团 1988 年在深圳地区投资建厂以来，陆续在珠三角、长三角、环渤海、西南、中南、东北等地建立了 30 余个科技工业园区，其中 1/2 以上的科技工业园区建有高水平的模具公司或模具厂，模具制造能力超过 150 亿元（全部为富士康服务）。二是模具和相关制品、制件并重的企业，这些企业进入大陆后，生产的模具一部分用于本公司制品、制件生产，一部分销售到市场上。三是专业模具公司在大陆独资或合资建立的模具企业。从数量上看，

第二类是台资模具企业的主体。目前我国大陆的台资模具企业在 500 家左右。

欧洲、北美的模具企业在我国投资办厂的高潮是在进入 21 世纪之后，投资主要方向是模具标准件生产和用于特定用户行业的专业模具生产。这些投资企业的技术水平高、品牌的影响力大，并且在国际上与用户行业（如汽车制造业、精密电子制造业、航空业等）建立了长期稳定的合作关系。因此，一旦在中国建立企业，便会很快占据该领域的领先地位。如总部设在加拿大的马斯特模具公司（Mold-Masters）成立于 1963 年，是全球首家专门制造热流道的公司，在世界 45 个国家有自己的分公司或代表处，在加拿大、美国、德国、巴西、日本、印度与中国建有自己的生产基地与工厂。2003 年，投资成立马斯特模具（昆山）有限公司，到 2010 年，年销售收入超过 6 亿元，占据我国高端热流道市场的半壁江山。德国在我国投资的模具企业均为专业性很强的模具企业，如德国海拉集团投资建立的海拉模具（长春）有限公司，专门从事车灯及模具设计、生产制造的独资公司。全球最大的汽车冲压件公司西班牙的 BESTSTEP 公司 2015 年在苏州投资建立模具公司，主要为其在华的 8 个工厂提供模具。目前欧美模具企业在我国建立的模具企业在 500 家左右。

韩国在我国投资建立的模具企业多数是为该国在华制造企业提供模具，投资方式以独资为主，而生产模具标准件的公司不同于专业模具公司，为了和欧美日等国争夺我国模具标准件市场，不断加大在华投资、扩大产业布局。如 1980 年成立、主要生产热流道系统的韩国柳道集团（YUDO）在推动其全球化战略过程中，2002 年在我国的东莞、2005 年在青岛、2006 年在苏州建立了分公司和生产基地，并于 2013 年对广东基地和 2017 年对苏州基地进行了大规模扩建。其中柳道万和（苏州）热流道系统有限公司已经发展成为集研究、开发、生产、销售、服务于一体的全球化的专业热流道系统供应商。目前韩国模具企业在我国建立的模具企业在 200 家左右。

新加坡 20 世纪经济的高速发展带动了模具制造业的繁荣，特别是在电子电器行业用精密模具的设计制造方面形成较为完整的体系，也曾是我国模具进口的主要货源地之一。进入 21 世纪，随着新加坡经济结构的调整，制造业逐步被边缘化，国内模具市场萎缩，模具行业面临生存发展的严峻挑战。新加坡的模具企业为了寻找更好的发展机会，一部分转行进入精密加工领域（如航空发动机零件），更多的模具企业选择到国外投资建厂。由于经济发展水平、地理人文环境等因素，中国大陆成为新加坡模具企业战略转移的首选。如成立于 1987 年的新加坡宝利

根公司专业从事高精度注射模具、零件设计与制造及注射产品生产，2000 年在成都投资建立了中国第一家分公司宝利根（成都）精密模塑有限公司；2003 年在上海设立了第二家分公司上海宝利根精密模塑有限公司；随后，又在江苏南通建立了南通宝利根精密模具有限公司，2016 年在重庆建立了重庆宝利根精密模具有限公司。据新加坡模具协会介绍，2010 年以来，有 20 多家新加坡模具企业到中国大陆投资建厂，其中有的模具企业在中国大陆设立的合资企业超过 5 家，使得新加坡模具的对华出口大部分转移到在华新资模具企业中。目前，新加坡模具企业在我国建立的模具企业约 100 家。

国（境）外模具企业在我国的投资建厂，一方面减少了我国制造业模具进口数量，也对我国模具工业的技术进步、产业发展和人才培训提供了有益的借鉴。国（境）外模具企业在我国投资建厂存在的共同现象是只在我国建立生产基地或销售机构，而其研发机构（特别是跨国公司）仍在其公司总部。

第 4 章

我国模具行业标准化现状与展望

4.1 模具标准化工作基本情况

在我国的模具工业中，应用最为广泛的是冲模、塑料模、锻模和压铸型 4 大类模具，拉制模、挤压模、辊压模、玻璃模、橡胶模、铸型、粉末冶金模及陶瓷模等类别的模具市场规模相对较小，但近年来都得到了快速发展。

模具产品集精密制造、计算机技术、智能控制为一体，技术含量高且各类别的模具品种、规格繁多，技术要求各异，因此，模具标准化工作难度较大，意义也更加重大，是规范和促进行业发展的重要保障。目前，模具产业科技含量不断提升，大型、精密等高质量模具不断涌现，模具数字化、智能化正成为行业发展方向，各地方模具集聚区正在形成和壮大，这些变化对模具标准化提出了更高的要求，模具标准化工作要在规范、引导和促进模具技术进步和产业健康快速发展方面发挥重要作用。

我国模具标准化工作主要由全国模具标准化技术委员会（SAC/TC 33）统筹管理。全国模具标准化技术委员会成立于 1983 年，是国家标准化管理委员会直属的标准化技术委员会，主要职责包括：主持模具专业领域国家标准、行业标准的体系研究与规划；负责模具国家标准、行业标准项目的立项评估与申报建议，按标准制修订的工作程序组织开展模具标准项目的具体落实，组织委员、专家对标准项目进行审查评估并完成标准材料复核和报批，积极开展模具标准的宣传贯彻与咨询服务等。同时，全国模具标准化技术委员会还负责国际标准化组织 ISO/TC29/SC8 （小工具 / 冲模和成形模）的国内技术对口管理工作，参与模具相关国际标准的制修订、投票等工作，实时跟踪、翻译相关国际标准，并根据行业发展的需要及时进行采标。

全国模具标准化技术委员会坚决贯彻国家标准化工作的有关方针政策，认真落实国家标准化管理委员会及工业和信息化部对标准化工作的指导意见，不断加强对本专业领域标准化工作的研究和管理，制定了科学、严谨、合理、系统的模具专业领域技术标准体系，并通过扎实开展模具标准项目征集和项目预研等前期工作，深入了解模具行业、企业的标准化需求，循序渐进地开展标准化工作，持续补充、完善模具标准体系。同时，大力推进基础通用模具标准的研究和制定，

加大对国际先进标准采标力度，并逐步、分批对标龄较长的国家标准、行业标准进行复审和修订，基本解决了标准老化问题。在标准制修订过程中，充分考虑了我国模具技术发展水平、行业特点及市场需求，对标准的技术内容进行整合提升，提高模具标准的适用性、先进性，满足行业和市场对标准化的实际需要，使模具标准化工作更富有成效，模具行业标准化程度日益提高。

4.1.1 我国模具标准化工作的发展历史（包括机构建设）

我国模具标准化工作经历了 30 多年的发展，在历届全国模具标准化技术委员会全体委员及行业骨干企业、行业专家的共同努力下，取得了丰硕成果，基本满足了行业发展的需求。

2009 年， 全国模具标准化技术委员会按照国家标准化管理委员会 “实施国家标准化体系建设工程”的工作部署，制订了“模具标准化体系”建设实施方案，并提出了标准制修订工作的目标和计划，明确了全国模具标准化技术委员会未来 3 年的工作方向。

2011 年年底，全国模具标准化技术委员会完成了国家标准化管理委员会下达的“装备制造业重点领域标准体系研究”项目 —— 模具标准体系研究。该项目通过对我国模具产业的现状与发展趋势和 ISO 及国外先进模具标准体系的分析研究，针对我国模具标准的现状和差异，明确了我国模具标准体系的范围和标准需求，厘清了模具标准化工作思路，提出了模具标准体系框架和模具标准体系表，提出了“产业模具标准”的概念并确定了与之对应的标准制定计划，使构建的标准体系更加符合模具技术与市场的发展，具有创新性。模具标准体系的建立，为模具标准化工作的开展奠定了坚实的基础，对推进我国模具工业的技术进步具有重要指导意义。

“十二五”期间，全国模具标准化技术委员会以模具标准体系建设方案为依据，不断加强模具标准化工作，取得了显著成效。

1）对管理的模具标准加强管理，制修订并发布实施模具国家标准、行业标准共 86 项，其中制定国家标准 3 项、行业标准 30 项，修订行业标准 52 项。满足了行业发展的需要，增强了标准的先进性和适用性，促进了产业发展和技术进步。在修订标准、解决标准老化问题的同时，从技术发展和行业需求出发，对多项标准的技术内容进行整合提升。如 2014 年发布实施的《紧固件冷镦模 技术条件》等 31 项行业标准替代了原有的 82 项冷镦模行业标准，2015 年发布的《螺旋压力机锻模 零件 第 1 部分：技术条件》等 21 项标准代替了原来的 29 项锻模

标准，使全国模具标准化技术委员会负责管理的行业标准数量大幅精简。2016年全国模具标准化技术委员会又完成了14项压铸模国家标准和15项行业标准的修订和报批工作。修订后的标准更加符合市场需求，便于推广应用，进一步提高了模具行业的标准化程度，促进了模具产业结构调整及技术升级。

2）在国际标准化工作方面，通过对比分析ISO标准与国内模具标准的具体情况，适时提出采标计划。ISO模具标准仅涉及冲模、成型模（塑料模和压铸模），共66项，其中冲模46项、成型模20项。经对比分析，在66项ISO模具标准中有20项为可采用标准项目，另有46项因国内已有相关标准等原因为不宜采用标准项目，不纳入采标范围。目前已完成采标的ISO模具标准项目有：2007年发布的GB/T 20915.1—2007《冲模　弹性体压缩弹簧　第1部分：通用规格》、GB/T 20915.2—2007《冲模　弹性体压缩弹簧　第2部分：附件规格》、GB/T 20914.1—2007《冲模　氮气弹簧　第1部分：通用规格》和GB/T 20914.2—2007《冲模　氮气弹簧　第2部分：附件规格》4项，2016年发布实施的GB/T 32663—2016《成型模　压铸模订货技术规范》和GB/T 32664—2016《成型模注射模订货技术规范》。另外，《冲模　L形导板》《冲模　导板U形和V形块》《冲模　导滑板》等多项采标项目已完成报批，《冲模　斜楔板》等多项ISO采标项目正在制定当中。预计到2020年，我国ISO模具标准的采标率将达到90%以上。

已完成或正在进行的ISO采标项目的内容均是国家标准和行业标准尚未涉及的领域，这些采标项目的发布实施将填补国内空白，促进相关领域的技术发展并达到国际先进水平。模具国际标准采标率的不断提高，促进了我国模具技术和市场与国际接轨，为模具产品走出国门提供技术支持，对我国模具产业的技术发展、国际贸易和“由大变强”具有重要意义。

3）全国模具标准化技术委员会还大力开展行业急需的产业模具标准的立项申报和制定工作。2014年发布实施了《电连接器级进模　技术条件》《换热翅片级进模　技术条件》《电机铁芯级进模　技术条件》《热流道系统　术语、型式和尺寸》等多项新制定的行业标准，2016年又制定发布了《叠层塑料注射模结构型式和尺寸》《双物料塑料注射模　结构型式和尺寸》《汽车塑料油箱吹塑模　技术条件》《连续嵌件塑料注射模　技术条件》《辊压模　辊冲模技术条件》《金属型铸造模　技术条件》《引线框架级进模　技术条件》以及《电机铁芯级进模　零件　第1部分：叠铆凸模》等20项行业急需、意义重大的产业模具标准。

另有《铝合金轮胎模　技术条件》《铸造模　技术条件》等多项标准制定工作正在开展。产业模具新标准的发布实施填补了国内外空白，满足了行业需求，有力地促进了模具行业的技术升级和市场发展。

4）全国模具标准化技术委员会还大力开展行业基础性标准的研制，申报并完成了《模具　术语》国家标准的制定工作。《模具　术语》是关系模具专业领域整体发展的重大、基础性项目，牵涉面极广，标准起草工作量巨大，组织协调难度高，在全国模具标准化技术委员会、中国模具工业协会及 36 家标准起草单位的全力支持配合下，经过 3 轮 27 场次的工作组会议研讨，汇集了模具专业术语 1 313 条，征集并处理行业意见上千条。项目已于 2016 年完成制定和上报，2017 年正式发布。《模具　术语》发布实施后将对行业技术交流及国际商务贸易产生积极的促进作用。

模具标准化水平的提高是与我国市场经济发展和模具技术进步密不可分的。模具标准化程度的提高，又提升了模具产品的生产效益和技术水平。我国模具标准已基本涵盖了所有的模具类型，冲模、塑料模、锻模、压铸模等量大面广的模具类别的标准化程度相对较高，相应的技术条件标准、零件结构形式与尺寸标准已基本完善，各种类别、各种规格的模具标准件、模具配件生产企业纷纷涌现，而且生产规模不断扩大，个别企业已接近世界级的生产规模和技术质量水平，基本满足模具行业的生产需求。模具标准件大大提高了相关模具生产、使用和维护的效率并降低了成本，促进了行业发展。模具企业也越来越重视标准化工作，模具标准化工作整体上已表现出蒸蒸日上的良好发展局面。

全国模具标准化技术委员会经过历次换届及委员调整，目前第七届委员会共有委员 57 人，另有顾问 4 人、观察委员 6 人，委员队伍不断壮大，委员分布更加合理，既有来自行业骨干企业的技术专家、管理精英，也有来自国内重点院校模具专业及相关科研院所的教授、研究员。委员构成更具有代表性，能及时反馈行业技术发展、标准化需求新动向，保证标准化工作的先进性和科学合理性。当前全国模具标准化技术委员会委员单位构成情况见表 4-1。

表 4-1　全国模具标准化技术委员会单位构成情况表　（单位：个）

单位性质	国有企业	民营企业	大专院校	科研院所	检测及认证机构	中外合资企业	政府机构	外商独资企业	行业协会
数量	16	17	14	2	2	3	1	1	1

为进一步提升模具标委会的工作质量和水平，拓展标委会的工作思路，改进标委会的工作方式，活跃标委会的工作氛围， 2012 年，全国模具标准化技术委员会遴选出 12 名模具行业技术专家组成了模具标委会专家组，负责提出模具行业标准化发展目标、规划、工作思路和重点任务；指导和实质性地参与国家标准、行业标准的制修订工作和标准审查的预审工作；指导和协助标委会秘书处开展行业模具标准化技术交流及咨询服务，指导企业标准化工作的开展。实践证明，专家组的成立有效地提升了模具标委会的工作水平，增强了标委会的凝聚力，使模具标委会在行业的影响力日益凸显。

4.1.2 我国模具标准体系介绍

2009—2012 年，全国模具标准化技术委员会组织专家深入开展模具标准体系研究，构建了完整的“十二五”标准体系建设方案。近年来，在此方案的指导下，我国制修订了一大批模具相关标准，现行模具标准达到 281 项，在数量上已超过美国、日本及欧洲的发达国家，基本形成了较为完善的模具标准体系，为模具工业的快速发展提供了技术支持。2016 年，全国模具标准化技术委员会按照工业和信息化部提出的“深化改革、创新驱动，需求牵引、统筹布局，融合发展、开放共享”的原则，在“十二五”标准体系建设方案的基础上，总结“十二五”期间模具标准化工作成果，更新相关信息，重新编制了“十三五”模具标准体系建设方案，着力构建一个“融合开放、协调配套，科学先进、结构合理”的模具标准体系。

“十三五”模具标准体系的框架结构如图 4-1 所示。

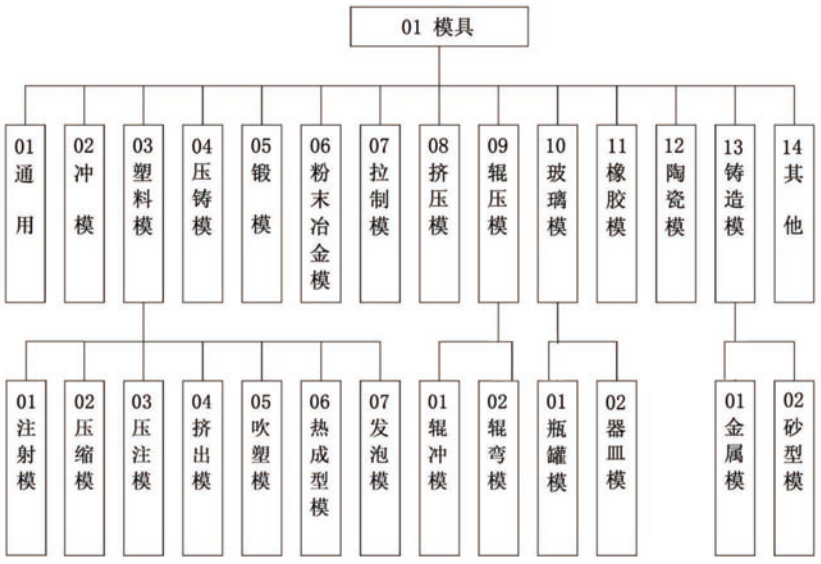


图 4-1 “十三五”模具标准体系的框架结构

如图 4-1 所示，模具标准体系为三层结构：大类、小类、系列。

模具类：

分为通用、冲模、塑料模、压铸模、锻模、粉末冶金模、拉制模、挤压模、辊压模、玻璃模、橡胶模、陶瓷模、铸造模和其他共 14 小类。其中，塑料模小类分为 7 个系列：注射模、压缩模、压注模、挤出模、吹塑模、热成型模和发泡模，是在原“成型模、塑封模、吹塑模、挤出模、发泡模、热成型模”6 个系列划分的基础上进行了调整，使塑料模的系列划分更加清晰、准确。辊压模小类分成辊冲模、辊弯模两个系列，对原“薄料辊压模、辊弯成形模”的名称进行了修改，更符合行业特点和习惯。玻璃模小类分为瓶罐模、器皿模两个系列。铸造模小类分为金属模、砂型模两个系列。

在原标准体系表的基础上，以调整后的模具标准体系框架为依据，按照工业和信息化部的要求和标准体系表编制规则，对发布实施的模具标准以及新增模具标准计划项目进行编号，形成了更加完善的“十三五”模具标准体系表。未来 5 年，全国模具标准化技术委员会将在“十三五”模具标准体系框架及体系表指导下开展模具标准化工作。

4.1.3 我国模具标准目录

在我国现行的 281 项模具标准中，有推荐性国家标准 102 项、推荐性行业标准 179 项，基本涵盖了冲模、塑料模、压铸模、锻模、拉制模、挤压模、辊压模、玻璃模、橡胶模、铸造模等所有模具类别，但主要集中在冲模、塑料模、压铸模、锻模 4 个技术领域。其中冲模标准 136 项（国标 44 项，行标 92 项），占模具标准总数的 48.4%；锻模标准 61 项（国标 2 项，行标 59 项），占模具标准总数的 21.7%；塑料模标准 49 项（国标 31 项，行标 18 项），占模具标准总数的 17.4%；压铸模标准 23 项（全部为国标），占模具标准总数的 8.2%；其余拉制模、挤压模、辊压模、玻璃模、橡胶模、铸造模及通用类的标准共 12 项，占模具标准总数的 4.3%。现行模具标准情况见表 4-2，现行模具国家标准汇总见表 4-3，现行模具行业标准汇总见表 4-4。

表 4-2 现行模具标准情况 （单位：项）

序号	领域	合计	国家标准					行业标准				
			小计	占比（%）	类型			小计	占比（%）	类型		
					基础通用	产品类	方法类			基础通用	产品类	方法类
1	通用	1	1	100.0			1					

（续）

序号	领域	合计	国家标准					行业标准				
			小计	占比（%）	类型			小计	占比（%）	类型		
					基础通用	产品类	方法类			基础通用	产品类	方法类
2	冲模	136	44	32.4	1	43		93	67.6		92	1
3	塑料模	49	31	63.3	2	29		18	36.7	1.0	17	
4	压铸模	23	23	100.0	1	22						
5	锻模	61	2	3.3	1	1		59	96.7		59	
6	拉制模	4	1	25.0		1		3	75.0		3	
7	挤压模	3						3	100.0		3	
8	辊压模	1						1	100.0		1	
9	玻璃模	1						1	100.0		1	
10	橡胶模	1						1	100.0		1	
11	铸造模	1						1	100.0		1	
合计		281	102	36.3	4	97	1	179	63.7	1.0	177	1.0
占比（%）					3.9	95.1	1			0.6	98.8	0.6

表 4-3　现行模具国家标准汇总

序号	标准名称	标准编号
1	热作模具钢热疲劳试验方法	GB/T 15824—2008
2	冲模　术语	GB/T 8845—2006
3	冲模　技术条件	GB/T 14662—2006
4	精冲模　技术条件	GB/T 30218—2013
5	冲模滑动导向模架	GB/T 2851—2008
6	冲模滚动导向模架	GB/T 2852—2008
7	冲模滑动导向模座　第 1 部分：上模座	GB/T 2855.1—2008
8	冲模滑动导向模座　第 2 部分：下模座	GB/T 2855.2—2008
9	冲模滚动导向模座　第 1 部分：上模座	GB/T 2856.1—2008
10	冲模滚动导向模座　第 2 部分：下模座	GB/T 2856.2—2008
11	冲模滑动导向钢板模架　第 1 部分：后侧导柱模架	GB/T 23565.1—2009

（续）

序号	标准名称	标准编号
12	冲模滑动导向钢板模架　第 2 部分：对角导柱模架	GB/T 23565.2—2009
13	冲模滑动导向钢板模架　第 3 部分：中间导柱模架	GB/T 23565.3—2009
14	冲模滑动导向钢板模架　第 4 部分：四导柱模架	GB/T 23565.4—2009
15	冲模滚动导向钢板模架　第 1 部分：后侧导柱模架	GB/T 23563.1—2009
16	冲模滚动导向钢板模架　第 2 部分：对角导柱模架	GB/T 23563.2—2009
17	冲模滚动导向钢板模架　第 3 部分：中间导柱模架	GB/T 23563.3—2009
18	冲模滚动导向钢板模架　第 4 部分：四导柱模架	GB/T 23563.4—2009
19	冲模滑动导向钢板上模座　第 1 部分：后侧导柱上模座	GB/T 23566.1—2009
20	冲模滑动导向钢板上模座　第 2 部分：对角导柱上模座	GB/T 23566.2—2009
21	冲模滑动导向钢板上模座　第 3 部分：中间导柱上模座	GB/T 23566.3—2009
22	冲模滑动导向钢板上模座　第 4 部分：四导柱上模座	GB/T 23566.4—2009
23	冲模滚动导向钢板上模座　第 1 部分：后侧导柱上模座	GB/T 23564.1—2009
24	冲模滚动导向钢板上模座　第 2 部分：对角导柱上模座	GB/T 23564.2—2009
25	冲模滚动导向钢板上模座　第 3 部分：中间导柱上模座	GB/T 23564.3—2009
26	冲模滚动导向钢板上模座　第 4 部分：四导柱上模座	GB/T 23564.4—2009
27	冲模钢板下模座　第 1 部分：后侧导柱下模座	GB/T 23562.1—2009
28	冲模钢板下模座　第 2 部分：对角导柱下模座	GB/T 23562.2—2009
29	冲模钢板下模座　第 3 部分：中间导柱下模座	GB/T 23562.3—2009
30	冲模钢板下模座　第 4 部分：四导柱下模座	GB/T 23562.4—2009
31	冲模导向装置　第 1 部分：滑动导向导柱	GB/T 2861.1—2008
32	冲模导向装置　第 2 部分：滚动导向导柱	GB/T 2861.2—2008
33	冲模导向装置　第 3 部分：滑动导向导套	GB/T 2861.3—2008
34	冲模导向装置　第 4 部分：滚动导向导套	GB/T 2861.4—2008
35	冲模导向装置　第 5 部分：钢球保持圈	GB/T 2861.5—2008
36	冲模导向装置　第 6 部分：圆柱螺旋压缩弹簧	GB/T 2861.6—2008
37	冲模导向装置　第 7 部分：滑动导向可卸导柱	GB/T 2861.7—2008
38	冲模导向装置　第 8 部分：滚动导向可卸导柱	GB/T 2861.8—2008

（续）

序号	标准名称	标准编号
39	冲模导向装置　第 9 部分：衬套	GB/T 2861.9—2008
40	冲模导向装置　第 10 部分：垫圈	GB/T 2861.10—2008
41	冲模导向装置　第 11 部分：压板	GB/T 2861.11—2008
42	冲模　氮气弹簧　第 1 部分：通用规格	GB/T 20914.1—2007
43	冲模　氮气弹簧　第 2 部分：附件规格	GB/T 20914.2—2007
44	冲模　弹性体压缩弹簧　第 1 部分：通用规格	GB/T 20915.1—2007
45	冲模　弹性体压缩弹簧　第 2 部分：附件规格	GB/T 20915.2—2007
46	塑料成型模　术语	GB/T 8846—2005
47	成型模　注射模订货技术规范	GB/T 32664—2016
48	塑料注射模　技术条件	GB/T 12554—2006
49	塑料注射模零件　技术条件	GB/T 4170—2006
50	塑料注射模模架	GB/T 12555—2006
51	塑料注射模模架　技术条件	GB/T 12556—2006
52	真空成型模　技术条件	GB/T 25143—2010
53	塑料注射模零件　第 1 部分：推杆	GB/T 4169.1—2006
54	塑料注射模零件　第 2 部分：直导套	GB/T 4169.2—2006
55	塑料注射模零件　第 3 部分：带头导套	GB/T 4169.3—2006
56	塑料注射模零件　第 4 部分：带头导柱	GB/T 4169.4—2006
57	塑料注射模零件　第 5 部分：带肩导柱	GB/T 4169.5—2006
58	塑料注射模零件　第 6 部分：垫块	GB/T 4169.6—2006
59	塑料注射模零件　第 7 部分：推板	GB/T 4169.7—2006
60	塑料注射模零件　第 8 部分：模板	GB/T 4169.8—2006
61	塑料注射模零件　第 9 部分：限位钉	GB/T 4169.9—2006
62	塑料注射模零件　第 10 部分：支承柱	GB/T 4169.10—2006
63	塑料注射模零件　第 11 部分：圆形定位元件	GB/T 4169.11—2006
64	塑料注射模零件　第 12 部分：推板导套	GB/T 4169.12—2006
65	塑料注射模零件　第 13 部分：复位杆	GB/T 4169.13—2006

（续）

序号	标准名称	标准编号
66	塑料注射模零件　第 14 部分：推板导柱	GB/T 4169.14—2006
67	塑料注射模零件　第 15 部分：扁推杆	GB/T 4169.15—2006
68	塑料注射模零件　第 16 部分：带肩推杆	GB/T 4169.16—2006
69	塑料注射模零件　第 17 部分：推管	GB/T 4169.17—2006
70	塑料注射模零件　第 18 部分：定位圈	GB/T 4169.18—2006
71	塑料注射模零件　第 19 部分：浇口套	GB/T 4169.19—2006
72	塑料注射模零件　第 20 部分：拉杆导柱	GB/T 4169.20—2006
73	塑料注射模零件　第 21 部分：矩形定位元件	GB/T 4169.21—2006
74	塑料注射模零件　第 22 部分：圆形拉模扣	GB/T 4169.22—2006
75	塑料注射模零件　第 23 部分：矩形拉模扣	GB/T 4169.23—2006
76	塑封模技术条件	GB/T 14663—2007
77	压力铸造模　术语	GB/T 8847—2003
78	压铸模　技术条件	GB/T 8844—2003
79	压铸模零件　技术条件	GB/T 4679—2003
80	成型模　压铸模订货技术规范	GB/T 24233—2016
81	压铸模零件　第 1 部分：模板	GB/T 4678.1—2003
82	压铸模零件　第 2 部分：圆形镶块	GB/T 4678.2—2003
83	压铸模零件　第 3 部分：矩形镶块	GB/T 4678.3—2003
84	压铸模零件　第 4 部分：带肩导柱	GB/T 4678.4—2003
85	压铸模零件　第 5 部分：带头导柱	GB/T 4678.5—2003
86	压铸模零件　第 6 部分：带头导套	GB/T 4678.6—2003
87	压铸模零件　第 7 部分：直导套	GB/T 4678.7—2003
88	压铸模零件　第 8 部分：推板	GB/T 4678.8—2003
89	压铸模零件　第 9 部分：推板导柱	GB/T 4678.9—2003
90	压铸模零件　第 10 部分：推板导套	GB/T 4678.10—2003
91	压铸模零件　第 11 部分：推杆	GB/T 4678.11—2003
92	压铸模零件　第 12 部分：复位杆	GB/T 4678.12—2003

（续）

序号	标准名称	标准编号
93	压铸模零件　第 13 部分：推板垫圈	GB/T 4678.13—2003
94	压铸模零件　第 14 部分：限位钉	GB/T 4678.14—2003
95	压铸模零件　第 15 部分：垫块	GB/T 4678.15—2003
96	压铸模零件　第 16 部分：扁推杆	GB/T 4678.16—2003
97	压铸模零件　第 17 部分：推管	GB/T 4678.17—2003
98	压铸模零件　第 18 部分：支承柱	GB/T 4678.18—2003
99	压铸模零件　第 19 部分：定位元件	GB/T 4678.19—2003
100	锻模　术语	GB/T 9453—2008
101	模锻锤和大型机械锻压机用模块技术条件	GB/T 11880—2008
102	硬质合金拉制模　型式和尺寸	GB/T 6110—2008

表 4-4　现行模具行业标准汇总

序号	标准名称	标准编号	备注
1	冲模模架精度检查	JB/T 8071—2008	
2	冲模零件　技术条件	JB/T 7653—2008	
3	冲模模架　技术条件	JB/T 8050—2008	
4	冲模模架零件　技术条件	JB/T 8070—2008	
5	冲模用钢及其热处理　技术条件	JB/T 6058—1992	修订
6	电连接器级进模　技术条件	JB/T 11902—2014	
7	换热翅片级进模　技术条件	JB/T 11903—2014	
8	电机铁芯级进模　技术条件	JB/T 11904—2014	
9	电机铁芯级进模零件　第 1 部分：叠铆凸模	JB/T 12642.1—2016	
10	电机铁芯级进模零件　第 2 部分：叠铆凹模	JB/T 12642.2—2016	
11	电机铁芯级进模零件　第 3 部分：计数凸模	JB/T 12642.3—2016	
12	电机铁芯级进模零件　第 4 部分：计数凹模	JB/T 12642.4—2016	
13	电机铁芯级进模零件　第 5 部分：叠铆顶杆	JB/T 12642.5—2016	
14	电机铁芯级进模零件　第 6 部分：叠铆压杆	JB/T 12642.6—2016	
15	电机铁芯级进模零件　第 7 部分：圆凸模	JB/T 12642.7—2016	
16	电机铁芯级进模零件　第 8 部分：圆凹模	JB/T 12642.8—2016	

（续）

序号	标准名称	标准编号	备注
17	电机铁芯级进模零件　第 9 部分：限位柱	JB/T 12642.9—2016	
18	电机铁芯级进模零件　第 10 部分：导正销	JB/T 12642.10—2016	
19	电机铁芯级进模零件　第 11 部分：误送检测销	JB/T 12642.11—2016	
20	电机铁芯级进模零件　第 12 部分：浮料块	JB/T 12642.12—2016	
21	引线框架级进模　技术条件	JB/T 12650—2016	
22	板料折弯模　型式和尺寸	JB/T 11659—2013	
23	冲模导向装置　第 1 部分：A 型小导柱	JB/T 7645.1—2008	
24	冲模导向装置　第 2 部分：B 型小导柱	JB/T 7645.2—2008	
25	冲模导向装置　第 3 部分：小导套	JB/T 7645.3—2008	
26	冲模导向装置　第 4 部分：压板固定式导柱	JB/T 7645.4—2008	
27	冲模导向装置　第 5 部分：压板固定式导套	JB/T 7645.5—2008	
28	冲模导向装置　第 6 部分：压板	JB/T 7645.6—2008	
29	冲模导向装置　第 7 部分：导柱座	JB/T 7645.7—2008	
30	冲模导向装置　第 8 部分：导套座	JB/T 7645.8—2008	
31	冲模导向装置　滚动独立导向件	JB/T 11660—2013	
32	冲模导向装置　滑动独立导向件	JB/T 11661—2013	
33	冲模　圆柱头直杆圆凸模	JB/T 5825—2008	
34	冲模　圆柱头缩杆圆凸模	JB/T 5826—2008	
35	冲模　60° 锥头直杆圆凸模	JB/T 5827—2008	
36	冲模　60° 锥头缩杆圆凸模	JB/T 5828—2008	
37	冲模　球锁紧圆凸模	JB/T 5829—2008	
38	冲模　圆凹模	JB/T 5830—2008	
39	冲模模板　第 1 部分：矩形凹模板	JB/T 7643.1—2008	
40	冲模模板　第 2 部分：矩形固定板	JB/T 7643.2—2008	
41	冲模模板　第 3 部分：矩形垫板	JB/T 7643.3—2008	
42	冲模模板　第 4 部分：圆形凹模板	JB/T 7643.4—2008	
43	冲模模板　第 5 部分：圆形固定板	JB/T 7643.5—2008	
44	冲模模板　第 6 部分：圆形垫板	JB/T 7643.6—2008	
45	冲模单凸模模板　第 1 部分：单凸模固定板	JB/T 7644.1—2008	
46	冲模单凸模模板　第 2 部分：单凸模垫板	JB/T 7644.2—2008	

（续）

序号	标准名称	标准编号	备注
47	冲模单凸模模板　第 3 部分：偏装单凸模固定板	JB/T 7644.3—2008	
48	冲模单凸模模板　第 4 部分：偏装单凸模垫板	JB/T 7644.4—2008	
49	冲模单凸模模板　第 5 部分：球锁紧单凸模固定板	JB/T 7644.5—2008	
50	冲模单凸模模板　第 6 部分：球锁紧单凸模垫板	JB/T 7644.6—2008	
51	冲模单凸模模板　第 7 部分：球锁紧偏装单凸模固定板	JB/T 7644.7—2008	
52	冲模单凸模模板　第 8 部分：球锁紧偏装单凸模垫板	JB/T 7644.8—2008	
53	冲模模柄　第 1 部分：压入式模柄	JB/T 7646.1—2008	
54	冲模模柄　第 2 部分：旋入式模柄	JB/T 7646.2—2008	
55	冲模模柄　第 3 部分：凸缘模柄	JB/T 7646.3—2008	
56	冲模模柄　第 4 部分：槽形模柄	JB/T 7646.4—2008	
57	冲模模柄　第 5 部分：浮动模柄	JB/T 7646.5—2008	
58	冲模模柄　第 6 部分：推入式活动模柄	JB/T 7646.6—2008	
59	冲模导正销　第 1 部分：A 型导正销	JB/T 7647.1—2008	
60	冲模导正销　第 2 部分：B 型导正销	JB/T 7647.2—2008	
61	冲模导正销　第 3 部分：C 型导正销	JB/T 7647.3—2008	
62	冲模导正销　第 4 部分：D 型导正销	JB/T 7647.4—2008	
63	冲模侧刃和导料装置　第 1 部分：侧刃	JB/T 7648.1—2008	
64	冲模侧刃和导料装置　第 2 部分：A 型侧刃挡块	JB/T 7648.2—2008	
65	冲模侧刃和导料装置　第 3 部分：B 型侧刃挡块	JB/T 7648.3—2008	
66	冲模侧刃和导料装置　第 4 部分：C 型侧刃挡块	JB/T 7648.4—2008	
67	冲模侧刃和导料装置　第 5 部分：导料板	JB/T 7648.5—2008	
68	冲模侧刃和导料装置　第 6 部分：承料板	JB/T 7648.6—2008	
69	冲模侧刃和导料装置　第 7 部分：A 型抬料销	JB/T 7648.7—2008	
70	冲模侧刃和导料装置　第 8 部分：B 型抬料销	JB/T 7648.8—2008	
71	冲模挡料和弹顶装置　第 1 部分：始用挡料装置	JB/T 7649.1—2008	
72	冲模挡料和弹顶装置　第 2 部分：弹簧芯柱	JB/T 7649.2—2008	
73	冲模挡料和弹顶装置　第 3 部分：弹簧侧压装置	JB/T 7649.3—2008	
74	冲模挡料和弹顶装置　第 4 部分：侧压簧片	JB/T 7649.4—2008	
75	冲模挡料和弹顶装置　第 5 部分：弹簧弹顶挡料装置	JB/T 7649.5—2008	
76	冲模挡料和弹顶装置　第 6 部分：扭簧弹顶挡料装置	JB/T 7649.6—2008	
77	冲模挡料和弹顶装置　第 7 部分：回带式挡料装置	JB/T 7649.7—2008	

（续）

序号	标准名称	标准编号	备注
78	冲模挡料和弹顶装置　第 8 部分：钢球弹顶装置	JB/T 7649.8—2008	
79	冲模挡料和弹顶装置　第 9 部分：活动挡料销	JB/T 7649.9—2008	
80	冲模挡料和弹顶装置　第 10 部分：固定挡料销	JB/T 7649.10—2008	
81	冲模卸料装置　第 1 部分：带肩推杆	JB/T 7650.1—2008	
82	冲模卸料装置　第 2 部分：带螺纹推杆	JB/T 7650.2—2008	
83	冲模卸料装置　第 3 部分：顶杆	JB/T 7650.3—2008	
84	冲模卸料装置　第 4 部分：顶板	JB/T 7650.4—2008	
85	冲模卸料装置　第 5 部分：圆柱头卸料螺钉	JB/T 7650.5—2008	
86	冲模卸料装置　第 6 部分：圆柱头内六角卸料螺钉	JB/T 7650.6—2008	
87	冲模卸料装置　第 7 部分：定距套件	JB/T 7650.7—2008	
88	冲模卸料装置　第 8 部分：调节垫圈	JB/T 7650.8—2008	
89	冲模废料切刀　第 1 部分：圆废料切刀	JB/T 7651.1—2008	
90	冲模废料切刀　第 2 部分：方废料切刀	JB/T 7651.2—2008	
91	冲模限位支承装置　第 1 部分：支承套件	JB/T 7652.1—2008	
92	冲模限位支承装置　第 2 部分：限位柱	JB/T 7652.2—2008	
93	塑料模具成型部分用钢及其热处理　技术条件	JB/T 6057—1992	修订
94	叠层塑料注射模　结构型式和尺寸	JB/T 12643—2016	
95	双物料塑料注射模　结构型式和尺寸	JB/T 12648—2016	
96	连续嵌件注射模　技术条件	JB/T 12646—2016	
97	热流道系统　术语、型式和尺寸	JB/T 11905—2014	
98	塑料注射模热流道系统　技术条件	JB/T 12649—2016	
99	塑料挤出模　术语	JB/T 8744—2008	
100	塑料异型材挤出模　技术条件	JB/T 8745—2008	
101	塑料异型材挤出模零件　第 1 部分：矩形模板	JB/T 8746.1—2008	
102	塑料异型材挤出模零件　第 2 部分：圆形模板	JB/T 8746.2—2008	
103	塑料异型材挤出模零件　第 3 部分：矩形机颈	JB/T 8746.3—2008	
104	塑料异型材挤出模零件　第 4 部分：圆形机颈	JB/T 8746.4—2008	
105	塑料异型材挤出模零件　第 5 部分：定型块	JB/T 8746.5—2008	
106	塑料异型材挤出模零件　第 6 部分：型板	JB/T 8746.6—2008	
107	塑料异型材挤出模零件　第 7 部分：定位零件	JB/T 8746.7—2008	
108	汽车塑料油箱吹塑模　技术条件	JB/T 12647—2016	

（续）

序号	标准名称	标准编号	备注
109	EPS、EPP 发泡模技术条件	JB/T 11662—2013	
110	聚氨酯发泡模技术条件	JB/T 11663—2013	
111	冷锻模　技术条件	JB/T 11901—2014	
112	冷锻模具用钢及热处理技术条件	JB/T 7715—1995	修订
113	热锻成形模具钢及其热处理　技术要求	JB/T 8431—1996	修订
114	通用锻制模块毛坯尺寸及计重方法	JB/T 5900—1991	修订
115	两辊式楔横轧模结构及技术条件	JB/T 6961—1993	修订
116	辊锻模　结构形式及尺寸	JB/T 9194—1999	修订
117	辊锻模　技术条件	JB/T 9195—1999	修订
118	紧固件冷镦模　技术条件	JB/T 4213—2014	
119	紧固件冷镦模通用件　第 1 部分：切料刀	JB/T 4208.1—2014	
120	紧固件冷镦模通用件　第 2 部分：切料刀压板	JB/T 4208.2—2014	
121	紧固件冷镦模通用件　第 3 部分：切料模	JB/T 4208.3—2014	
122	紧固件冷镦模通用件　第 4 部分：缩径模	JB/T 4208.4—2014	
123	紧固件冷镦模通用件　第 5 部分：顶杆	JB/T 4208.5—2014	
124	六角头螺栓冷镦模　第 1 部分：冲头	JB/T 4209.1—2014	
125	六角头螺栓冷镦模　第 2 部分：初镦凹模	JB/T 4209.2—2014	
126	六角头螺栓冷镦模　第 3 部分：细杆凹模	JB/T 4209.3—2014	
127	六角头螺栓冷镦模　第 4 部分：全螺纹缩径凹模	JB/T 4209.4—2014	
128	六角头螺栓冷镦模　第 5 部分：标准杆凹模	JB/T 4209.5—2014	
129	六角头螺栓冷镦模　第 6 部分：切边凹模	JB/T 4209.6—2014	
130	六角螺母冷镦模　第 1 部分：整形冲头	JB/T 4210.1—2014	
131	六角螺母冷镦模　第 2 部分：整形凹模	JB/T 4210.2—2014	
132	六角螺母冷镦模　第 3 部分：整形顶杆	JB/T 4210.3—2014	
133	六角螺母冷镦模　第 4 部分：镦球冲头	JB/T 4210.4—2014	
134	六角螺母冷镦模　第 5 部分：镦球凹模	JB/T 4210.5—2014	
135	六角螺母冷镦模　第 6 部分：镦球推杆	JB/T 4210.6—2014	
136	六角螺母冷镦模　第 7 部分：镦六角上冲头	JB/T 4210.7—2014	
137	六角螺母冷镦模　第 8 部分：镦六角下冲头	JB/T 4210.8—2014	
138	六角螺母冷镦模　第 9 部分：镦六角凹模	JB/T 4210.9—2014	
139	六角螺母冷镦模　第 10 部分：冲孔冲头	JB/T 4210.10—2014	
140	六角螺母冷镦模　第 11 部分：冲孔凹模	JB/T 4210.11—2014	

（续）

序号	标准名称	标准编号	备注
141	螺钉冷镦模　第 1 部分：终镦冲头	JB/T 4211.1—2014	
142	螺钉冷镦模　第 2 部分：凹模	JB/T 4211.2—2014	
143	内六角圆柱头螺钉冷镦模　第 1 部分：A 型初镦冲头及顶杆	JB/T 4212.1—2014	
144	内六角圆柱头螺钉冷镦模　第 2 部分：B 型初镦冲头	JB/T 4212.2—2014	
145	内六角圆柱头螺钉冷镦模　第 3 部分：成形冲头	JB/T 4212.3—2014	
146	内六角圆柱头螺钉冷镦模　第 4 部分：内六角冲头	JB/T 4212.4—2014	
147	内六角圆柱头螺钉冷镦模　第 5 部分：凹模片	JB/T 4212.5—2014	
148	内六角圆柱头螺钉冷镦模　第 6 部分：凹模	JB/T 4212.6—2014	
149	螺旋压力机锻模　零件　第 1 部分：技术条件	JB/T 5110.1—2015	
150	螺旋压力机锻模　零件　第 2 部分：模块	JB/T 5110.2—2015	
151	螺旋压力机锻模　零件　第 3 部分：模座	JB/T 5110.3—2015	
152	螺旋压力机锻模　零件　第 4 部分：压圈	JB/T 5110.4—2015	
153	平锻模　零件　第 1 部分：技术条件	JB/T 5111.1—2015	
154	平锻模　零件　第 2 部分：凹模模块	JB/T 5111.2—2015	
155	平锻模　零件　第 3 部分：凹模镶块	JB/T 5111.3—2015	
156	机械压力机锻模　零件　第 1 部分：导柱	JB/T 6059.1—2015	
157	机械压力机锻模　零件　第 2 部分：组合导套	JB/T 6059.2—2015	
158	机械压力机锻模　零件　第 3 部分：整体导套	JB/T 6059.3—2015	
159	机械压力机锻模　零件　第 4 部分：导套盖板	JB/T 6059.4—2015	
160	机械压力机锻模　零件　第 5 部分：定位件	JB/T 6059.5—2015	
161	机械压力机锻模　零件　第 6 部分：模座	JB/T 6059.6—2015	
162	机械压力机锻模　零件　第 7 部分：垫板	JB/T 6059.7—2015	
163	机械压力机锻模　零件　第 8 部分：模块	JB/T 6059.8—2015	
164	锤锻模　零件　第 1 部分：技术条件	JB/T 6060.1—2015	
165	锤锻模　零件　第 2 部分：楔铁	JB/T 6060.2—2015	
166	锤锻模　零件　第 3 部分：定位键	JB/T 6060.3—2015	
167	锤锻模　零件　第 4 部分：垫片	JB/T 6060.4—2015	
168	切边模　零件　第 1 部分：导柱	JB/T 6499.1—2015	
169	切边模　零件　第 2 部分：导套	JB/T 6499.2—2015	
170	硬质合金拉制模　技术条件	JB/T 3943.1—1999	修订
171	金刚石拉丝模	JB/T 3943.2—1999	修订
172	聚晶金刚石拉丝模具技术条件	JB/T 5823—1991	修订

（续）

序号	标准名称	标准编号	备注
173	铝型材挤压模结构与技术条件	JB/T 6960—1993	修订
174	冷挤压预应力组合凹模设计计算图	JB/T 5112—1991	修订
175	冷挤压模具　工作部分	JB/T 9196—1999	修订
176	辊压模　辊冲模技术条件	JB/T 12644—2016	
177	玻璃模技术条件	JB/T 5785—2013	
178	橡胶模具技术条件	JB/T 5831—1991	修订
179	金属型铸造模　技术条件	JB/T 12645—2016	

4.2　模具标准化工作面临的形势和标准化需求分析

标准是制造业技术基础的核心要素，也是当前行业管理的重要手段。标准化是现代科学体系的重要组成部分，标准化水平的高低已成为衡量各国、各地区科学技术竞争力的重要指标。在 2000 年前后，欧美国家就通过实施标准化战略，主导国际标准的制定，形成行业技术壁垒，以持续保持其核心竞争力和国际市场地位。我国 2006 年发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》，就把实施技术标准战略作为科技发展的两大战略之一；2015 年 12 月 17 号，国务院办公厅正式印发了《国家标准化体系建设发展规划（2016—2020 年）》，指出：标准是经济活动和社会发展的技术支撑，是国家治理体系和治理能力现代化的基础性制度。为落实国务院有关《中国制造 2025》和《深化标准化工作改革方案》，2016 年 8 月 1 日，国家质量检验检疫总局、国家标准委、工业和信息化部三部委共同印发《装备制造业标准化和质量提升规划》，明确提出：到 2020 年，基本建成支撑国家治理体系和治理能力现代化的具有中国特色的标准化体系；标准化战略的全面实施，使标准的有效性、先进性和适用性显著增强；标准化体制机制更加健全，标准服务发展更加高效，基本形成市场规范有标准可循、公共利益有标准可保、创新驱动有标准引领、转型升级有标准支撑的新局面；“中国标准”国际影响力和贡献度大幅提升，我国正在迈入世界标准强国行列。

为了全面落实国家标准化战略，全国模具标准化技术委员会积极开展模具标准化工作，以《中国制造 2025》《深化标准化工作改革方案》及《装备制造业标准化和质量提升规划》为指南，扎实推动模具标准化改革。以提高制造业发展质量和效益为中心，以实施工业基础、智能制造、绿色制造等标准化和质量提升工程为抓手，坚持标准与产业发展相结合、标准与质量提升相结合、国家标准与

行业标准相结合、国内标准与国际标准相结合，不断优化和完善模具标准体系，提高标准的技术水平和国际化水平，提升我国制造业质量竞争能力，以提升我国技术、标准、品牌、质量和服务等核心优势，推动我国从制造大国向制造强国、质量强国转变。

2016 年，全国模具标准化技术委员会对管理的现行标准及在研项目进行了集中复审，废止了 6 项标准和 2 项计划，把 GB/T 14662—2006《冲模技术条件》、GB/T 12554—2006《塑料注射模技术条件》等一批标龄较长的标准列入修订计划中，并通过向行业征集、走访模具企业、与科研院校研讨等方式，预研和确定了一批符合国家标准化战略要求、具有行业特点、引领行业发展、促进行业技术升级的模具标准项目，如：《模具数字化工厂（车间）通用技术条件》《智能模具 CAD 三维设计规范》《智能模具传感器接口协议》《模具加工全流程信息化管理规范》《模具 3D 打印再制造工艺规范》《模具零件在线检测　技术条件》《模具零件在线检测规则和方法》等；同时，也确定申报一批在我国汽车、家电、电子等工业制造领域应用越来越广泛的产业模具标准，如：《汽车保险杠模具　技术条件》《汽车门板注射模技术条件》《智能化轮胎模具通用技术条件》《硫化胶囊模具通用技术条件》《冲模导向装置　级进模滚动导向件》《热冲压模具技术条件》《内高压冲模　技术条件》《铸造冲模　零件》《快换锻造模架　技术条件》等。以上标准项目制定发布后，将进一步优化和完善我国模具标准体系，为我国模具工业数字化、智能化、产业化发展提供技术基础和动力。

为了提高我国模具标准国际化水平，2017 年 4 月 10 日，全国模具标准化技术委员会承办了国际标准化组织 ISO/TC29/SC8 第 31 届年会， SC8 主席、秘书和多个成员国代表以及国内模具标准化专家共 70 余人参加了本次会议。本次年会对扩大我国在 ISO 国际标准中的影响、推动我国模具标准转化为 ISO 国际标准和促进我国模具行业技术进步具有重要意义。年会讨论和审查了我国参加制定的 2 项 ISO 国际标准《冲模　螺旋压缩钢弹簧或气弹簧弹顶销》《冲模　大型冲模和成形模用侧导板》和其他 3 项标准，通过了 12 项 ISO 标准的系统性复审，并对我国提出的《冲模　术语》和《铝合金轮胎模　订货技术规范》2 项 ISO 国际标准新项目以及意大利提出的 1 项新项目进行了预审。

随着我国经济的发展壮大，我国模具工业产值和出口规模不断增长，已成为世界第二模具制造大国和出口大国，2016 年模具制造能力已达 2 200 亿元，出口 50 亿美元，我国模具已出口到世界 190 多个国家和地区。但我国模具工业整体

上大而不强，在高精尖模具生产上与国际先进水平还有很大差距。模具工业是制造业的基础，我国要成为世界制造业强国，就必须先要成为模具强国。国家政策对装备制造业的大力支持，以及“互联网 + 制造业”等新技术革新，必将给模具技术和市场带来深刻变化。模具工业的发展也必将与“互联网 +”、工业领域大数据、工业机器人、无人化工厂、3D 打印等技术发展相结合。

现代模具是多学科知识集聚的高新技术产业，发展模具工业就是要通过技术创新，走新型工业化道路。追求高精度、低成本、短交货期是模具技术与产品发展的长期目标，提高模具标准化水平和模具标准件的应用覆盖率是推动这一发展的重要途径。随着标准化事业基础性、战略性地位的显著增强，在改造提升制造业、培育发展战略性新兴产业、建设资源节约型和环境友好型社会、加强社会管理和公共服务等各方面，都明确提出了要加快建立和完善标准体系，进一步提高标准化水平的要求。近年来，我国模具标准化工作取得了长足的进步，但模具标准化程度和应用水平有待进一步提升。模具标准化工作要按照“继承创新、对接国际、突出重点”的总体要求，厘清现状，找准重点，进一步加强标准体系与产业发展的结合，统筹考虑国内外标准化工作，服务国内和国际两个市场，有效发挥标准对产业发展的规范和引领作用，充分考虑我国模具技术与市场的发展，积极推进模具标准化工作的转型升级，推动模具工业由大变强，服务于国家“一路一带”大战略，满足《中国制造 2025》等产业发展重大战略的实施需要。

未来模具标准化工作将紧扣“绿色制造”“智能制造”这一产业发展主题，适应模具向大型、精密、复杂、高效、长寿命和多功能方向发展的需要，充分关注行业对模具标准的各方面需求，扩大标准的覆盖范围，拾遗补缺，循序渐进，逐步解决模具标准包容性不足的问题。在下一步的模具标准化工作中，要深入调研企业实际需求，制修订行业急需的标准，提升标准的合理性、适用性，使标准使用者在模具生产的各个环节都有标准可依、有规范可循。

在发展通用模具标准的同时，进一步开展产业模具标准体系研究和建设，注重与产业的沟通、对接和融合，推动汽车、电子、家电等产业模具标准的发展与应用。响应国家国际标准化战略，积极参与和组织国际标准制定，积极向 ISO 组织申报制定新的模具国际标准项目，助推我国模具标准及模具产品走出去，提高国际标准话语权，开拓国际市场，参与更高层次的全球经济贸易。

随着移动“互联网 +”、大数据、云计算技术、智能制造的发展，模具企业正在加快转型升级速度，模具技术也在向数字化、信息化、自动化、智能化、绿

色制造方向发展。加快模具先进技术特别是一些关键技术领域的标准化工作，使制定的模具标准具有一定的先进性、指导性，促进模具先进技术成果向产业化、市场化和规模化发展。

4.3 “十三五”期间模具标准化工作发展思路和工作目标

“十三五”期间模具行业的发展要适应我国经济发展的“新常态”，必须坚持科学发展观，以结构调整为主线，以技术进步为依托，发展现代制造服务业，进一步完善我国模具工业体系，提高行业整体实力；大力推动创新驱动，推进质量、品牌建设和精益制造，提高企业核心竞争力和国际化程度；落实《中国制造2025》计划，推进模具智能制造，加快新一代信息技术与模具制造业深度融合，积极推进“互联网 +”行动计划；引导行业坚持转型升级，从只关注产能转变到关注质量、效益的提升，为提高我国装备制造业水平和实现低碳经济发展目标、为我国模具行业到 2025 年步入世界模具强国奠定坚实的基础。

要适应“十三五”期间我国模具工业的新动态新变化、适应模具技术发展的步伐、促进模具产业的健康发展，模具标准化工作必须进一步转变思路，改革创新，基本思路是：巩固基础，强化产业。

“巩固基础”就是要对现行的模具国家标准与行业标准进行必要的梳理，对标龄超过 10 年的现行模具标准及时进行复审和修订。同时，对一些与模具设计制造相关的新标准类型，如模具设计流程、制造工艺流程、质量检测、安全防护，以及与模具贸易相关的如订货技术规范等标准，要积极关注，重点突破。

“强化产业”就是要重点突破国民经济各大产业急需的产业模具标准，特别对与七大战略性新兴产业紧密相关的模具领域要给予充分关注。产业模具标准的发展应有两大着眼点，一是量大面广对传统制造业的产品规模生产具有重大影响的模具领域，二是与我国七大战略性新兴产业相关的如智能化模具领域。目前模具标准体系纳入的产业模具标准涉及领域有汽车、电子、家电、电机和基础件，基本属传统产业范畴，也是产业模具标准发展的基础，在“十三五”期间将着力发展和突破。同时，随着制造业的转型升级和七大战略性新兴产业的推进，对所涉领域的产业模具标准的研制也将逐步展开。

预计到 2020 年，全国模具标准化技术委员会将努力完成一大批关乎产业发展的模具国家标准、行业标准制修订工作，模具标准化水平将进一步提升，平均标龄控制在 5 年以内，国际标准转化率超过 90%，标准整体技术水平将达到国内先进水平并与国外标准保持同步；模具数字化、智能化、3D 打印制造技术方面

的标准将作为今后几年模具标准化的重点。同时，产业模具标准将进一步加强，新制定的标准将与产业发展重点领域高度贴合并达到国内先进水平，满足行业发展的需求。

4.3.1 “十三五”期间模具标准研究重点

1）继续加强对模具标准体系研究，特别着力对产业模具标准的研究。注重与包括七大战略性新兴产业在内的各大产业的紧密结合，让标准体系更接地气，推动模具技术与市场更快发展。

2）侧重对高效、精密、高性能、智能化模具标准的研究。紧跟制造业技术与市场发展，特别关注与智能化模具相关的设计、制造、流程等标准的研究，从而拉动模具行业的转型升级。

3）加强国际交流与合作，积极参与 ISO 模具标准的研制工作，在国家与行业标准基础上，适时代表我国提出国际标准研制提案，力争实现由我国主导的 ISO 模具标准制定零的突破。

4.3.2 “十三五”期间模具标准化工作重点

“十三五”期间，全国模具标准化技术委员会的标准制修订工作将重点在模具基础通用标准、模具质量相关标准、产业模具标准等方面有所突破。

（1）基础通用标准

1）术语。在《模具　术语》的基础上，分类提出 ISO 模具术语标准制定项目。

2）数字化、智能化。制定数字化工厂及在线检测等方面的标准，以及智能模具 CAD 设计规范、模具 CAD/CAE/CAM 应用规范、模具物联网接口协议等。

3）方法、规范类。制定包括模具设计、制造、使用、工艺规程，特种加工、材料热处理以及模具检测方法等标准。

4）安全生产。制定包括适应高速级进冲模、注射模等各类模具的安全防护规程、安全检测装置规范及模具电气连接安全标准。

5）标志、标识。制定包括精密模具类型、规格、结构特点相关的标识方法与规则。

（2）模具质量相关标准

1）各类模具技术条件、精度要求及等级划分等系列标准。

2）大型精密模具释应力变形试验方法标准。

3）模具验收通用规范系列标准。

（3）产业模具标准　制定汽车、家电、电子、电机等产业应用最为广泛的模具技术方面标准，如汽车仪表盘、保险杠、内饰件等成型模具系列标准；汽车覆盖件的内高压、热冲压、铸造、冲压等系列模具技术标准；汽车铝合金压铸模、轮胎橡胶模等技术标准，以及对促进出口比较重要的玻璃模具零件标准等。

（4）制修订标准项目情况　“十三五”期间，全国模具标准化技术委员会将在完成已立项的 50 项在研标准计划的前提下，重新组织申报 154 项标准的制修订项目，其中制定项目 115 项（国标 37 项，行标 78 项），修订项目 39 项（国标 35 项，行标 4 项）。在研模具标准计划项目汇总见表 4-5。“十三五”期间，拟制修订标准项目分类统计见表 4-6。“十三五”期间拟制修订标准项目汇总见表 4-7。

表 4-5　在研模具标准计划项目汇总表

序号	项目名称	计划编号	合计	制 / 修订		替代 / 采用标准
				制定	修订	
合计			50	19	31	
一、国家标准			24	7	17	
1	模具　术语	20131658-T-469			√	GB/T 8845—2006、GB/T 8846—2005 等
2	冲模　L 形导向块	20141997-T-469		√		ISO 16366: 2008
3	冲模　U 形和 V 形导向块	20141998-T-469		√		ISO 16367: 2008
4	冲模　导滑块	20141999-T-469		√		ISO 23480: 2013
5	压铸模　技术条件	20140589-T-469			√	GB/T 8844—2003
6	压铸模　零件　技术条件	20140590-T-469			√	GB/T 4679—2003
7	压铸模　零件　第 19 部分：定位元件	20140591-T-469			√	GB/T 4678.19—2003
8	压铸模　零件　第 1 部分：模板	20140592-T-469			√	GB/T 4678.1—2003
9	压铸模　零件　第 2 部分：圆形镶块	20140593-T-469			√	GB/T 4678.2—2003
10	压铸模　零件　第 3 部分：矩形镶块	20140594-T-469			√	GB/T 4678.3—2003
11	压铸模　零件　第 4 部分：带肩导柱	20140595-T-469			√	GB/T 4678.4—2003

（续）

序号	项目名称	计划编号	合计	制 / 修订		替代 / 采用标准
				制定	修订	
12	压铸模　零件　第 5 部分：带头导柱	20140596-T-469			√	GB/T 4678.5—2003
13	压铸模　零件　第 6 部分：带头导套	20140597-T-469			√	GB/T 4678.6—2003
14	压铸模　零件　第 7 部分：直导套	20140598-T-469			√	GB/T 4678.7—2003
15	压铸模　零件　第 8 部分：推板	20140599-T-469			√	GB/T 4678.8—2003
16	压铸模　零件　第 10 部分：推板导套	20142000-T-469			√	GB/T 4678.10—2003
17	压铸模　零件　第 11 部分：推杆	20142001-T-469			√	GB/T 4678.11—2003
18	压铸模　零件　第 9 部分：推板导柱	20142002-T-469			√	GB/T 4678.9—2003
19	冲模耐磨板　第 1 部分：A 型	20160601-T-469		√		ISO 9183-1:2008
20	冲模　矩形截面压缩弹簧安装尺寸和颜色标志	20160602-T-469		√		ISO 10243:2010
21	压铸模　零件　第 12 部分：复位杆	20160603-T-469			√	GB/T 4678.12—2003
22	压铸模　零件　第 13 部分：推板垫圈	20160604-T-469			√	GB/T 4678.13—2003
23	冲模　斜楔板	20160605-T-469		√		ISO 23481: 2013
24	冲模耐磨板　第 2 部分：B 型	20160606-T-469		√		ISO 9183—2:2011
二、行业标准			26	12	14	
1	辊锻模　技术条件	2014-2047T-JB			√	JB/T 9195—1999
2	热锻模　技术条件	2014-2048T-JB		√		
3	冲模用钢　技术条件	2015-0365T-JB			√	JB/T 6058—1992
4	冷锻模用钢　技术条件	2015-0366T-JB			√	JB/T 7715—1995
5	热锻模用钢　技术条件	2015-0367T-JB			√	JB/T 8431—1996
6	塑料模用钢　技术条件	2015-0368T-JB			√	JB/T 6057—1992
7	锻制模块尺寸和计重方法	2015-0384T-JB			√	JB/T 5900—1991

（续）

序号	项目名称	计划编号	合计	制 / 修订		替代 / 采用标准
				制定	修订	
8	冷挤压预应力组合凹模设计规范	2015-0385T-JB			√	JB/T 5112—1991
9	辊锻模结构型式和尺寸	2015-0453T-JB			√	JB/T 9194—1999
10	金刚石拉制模　技术条件	2015-0454T-JB			√	JB/T 3943.2—1999
11	冷挤压模凸模与凹模结构型式和尺寸	2015-0455T-JB			√	JB/T 9196—1999
12	两辊式楔横轧模　结构型式和尺寸	2015-0456T-JB			√	JB/T 6961—1993
13	铝型材挤压模结构型式和尺寸	2015-0457T-JB			√	JB/T 6960—1993
14	橡胶模　技术条件	2015-0458T-JB			√	JB/T 5831—1991
15	硬质合金拉制模　技术条件	2015-0459T-JB			√	JB/T 3943.1—1999
16	铝合金轮胎模具　技术条件	2016-0593T-JB		√		
17	铸造模具　技术条件	2016-0594T-JB		√		
18	塑料注射模热流道系统　零件　第 1 部分：技术条件	2016-0742T-JB		√		
19	塑料注射模热流道系统　零件　第 2 部分：热流道板	2016-0743T-JB		√		
20	塑料注射模热流道系统　零件　第 3 部分：热喷嘴	2016-0744T-JB		√		
21	塑料注射模热流道系统　零件　第 4 部分：热流道浇口套	2016-0745T-JB		√		
22	塑料注射模热流道系统　零件　第 5 部分：流道板定位环	2016-0746T-JB		√		
23	塑料注射模热流道系统　零件　第 6 部分：承压垫片	2016-0747T-JB		√		
24	塑料注射模热流道系统　零件　第 7 部分：阀针导向套	2016-0748T-JB		√		
25	塑料注射模热流道系统　零件　第 8 部分：阀针	2016-0749T-JB		√		
26	塑料注射模热流道系统　零件　第 9 部分：管状加热器	2016-0750T-JB		√		

表 4-6 “十三五”期间拟制修订模具标准项目分类统计 （单位：项）

序号	产品	国家标准			行业标准	
		合计	小计	推荐性重点	小计	推荐性重点
合计		154	72	72	82	82
1	通用		28	28	3	3
2	冲模		7	7	28	28
3	塑料模		29	29	2	2
4	压铸模		5	5	5	5
5	锻模		1	1	9	9
6	粉末冶金模		0	0	1	1
7	拉制模		1	1	0	0
8	挤压模		0	0	0	1
9	辊压模		0	0	3	3
10	玻璃模		0	0	20	20
11	橡胶模		1	1	8	8
12	陶瓷模		0	0	1	1
13	铸造模		0	0	1	1

表 4-7 拟制 / 修订模具标准项目汇总

序号	项目名称	制定	修订	替代采用标准
一、国家标准				
1	模具耐磨、耐蚀性试验方法	√		
2	大型精密模具释应力变形试验方法	√		
3	模具数字化工厂（车间）通用技术条件	√		
4	智能化模具工厂（车间）设备互联互通技术规范	√		
5	模具智能设计中零件精度等级颜色规范	√		
6	模具 3D 打印再制造工艺规范	√		
7	模具零件在线检测系统通用技术条件	√		
8	模具零件在线检测规则和方法	√		

（续）

序号	项目名称	制定	修订	替代采用标准
9	模具零件自动化生产线通用技术条件	√		
10	模具零件自动化生产线布局规则与智能化控制方法	√		
11	模具智能制造参考模型与关键术语	√		
12	智能模具 CAD 三维设计规范	√		
13	智能模具传感器接口协议	√		
14	模具物联网接口协议	√		
15	模具零件智能化生产单元通用技术条件	√		
16	冲模生产企业先进制造能力评价规范	√		
17	压铸模生产企业先进制造能力评价规范	√		
18	注射模生产企业先进制造能力评价规范	√		
19	模具零部件涂色技术规范	√		
20	模面强化技术条件	√		
21	电极自动化生产线通用技术条件与智能化检测方法	√		
22	碳纤维 / 凯夫拉纤维热压成型模具	√		
23	玻璃 / 陶瓷模内注射成型模具	√		
24	电极全生命周期管理规范	√		
25	模具加工全流程信息化管理规范	√		
26	氮气弹簧　检验规范	√		
27	氮气弹簧　安全使用规程	√		
28	氮气弹簧　管路系统设计安装规范	√		
29	冲模订货技术规范	√		
30	冲模技术条件		√	GB/T 14662—2006
31	冲模　气弹簧　第 3 部分：紧凑型增力气弹簧	√		ISO 11901—3:2014
32	冲模　气弹簧　第 4 部分：等高增力气弹簧	√		ISO 11901—4:2014
33	冲模　导柱　第 1 部分：类型	√		ISO 9182—1:2013
34	冲模　导套　第 1 部分：形式	√		ISO 9448—1:2013

（续）

序号	项目名称	制定	修订	替代采用标准
35	压片模：凸模和凹模	√		ISO 18084:2011
36	塑料注射模技术条件		√	GB/T 12554—2006
37	塑料注射模零件技术条件		√	GB/T 4170—2006
38	塑料注射模模架		√	GB/T 12555—2006
39	塑料注射模模架技术条件		√	GB/T 12556—2006
40	塑料注射模零件　第 1 部分：推杆		√	GB/T 4169.1—2006
41	塑料注射模零件　第 2 部分：直导套		√	GB/T 4169.2—2006
42	塑料注射模零件　第 3 部分：带头导套		√	GB/T 4169.3—2006
43	塑料注射模零件　第 4 部分：带头导柱		√	GB/T 4169.4—2006
44	塑料注射模零件　第 5 部分：带肩导柱		√	GB/T 4169.5—2006
45	塑料注射模零件　第 6 部分：垫块		√	GB/T 4169.6—2006
46	塑料注射模零件　第 7 部分：推板		√	GB/T 4169.7—2006
47	塑料注射模零件　第 8 部分：模板		√	GB/T 4169.8—2006
48	塑料注射模零件　第 9 部分：限位钉		√	GB/T 4169.9—2006
49	塑料注射模零件　第 10 部分：支承柱		√	GB/T 4169.10—2006
50	塑料注射模零件　第 11 部分：圆形定位元件		√	GB/T 4169.11—2006
51	塑料注射模零件　第 12 部分：推板导套		√	GB/T 4169.12—2006
52	塑料注射模零件　第 13 部分：复位杆		√	GB/T 4169.13—2006
53	塑料注射模零件　第 14 部分：推板导柱		√	GB/T 4169.14—2006
54	塑料注射模零件　第 15 部分：扁推杆		√	GB/T 4169.15—2006
55	塑料注射模零件　第 16 部分：带肩推杆		√	GB/T 4169.16—2006
56	塑料注射模零件　第 17 部分：推管		√	GB/T 4169.17—2006
57	塑料注射模零件　第 18 部分：定位圈		√	GB/T 4169.18—2006
58	塑料注射模零件　第 19 部分：浇口套		√	GB/T 4169.19—2006
59	塑料注射模零件　第 20 部分：拉杆导柱		√	GB/T 4169.20—2006
60	塑料注射模零件　第 21 部分：矩形定位元件		√	GB/T 4169.21—2006

（续）

序号	项目名称	制定	修订	替代采用标准
61	塑料注射模零件　第 22 部分：圆形拉模扣		√	GB/T 4169.22—2006
62	塑料注射模零件　第 23 部分：矩形拉模扣		√	GB/T 4169.23—2006
63	成型模定心套	√		ISO 9449:2007
64	成型模注射模隔热板	√		ISO 15600: 2000
65	压铸模　零件　第 14 部分：限位钉		√	GB/T4678.14—2003
66	压铸模　零件　第 15 部分：垫块		√	GB/T 4678.15—2003
67	压铸模　零件　第 16 部分：扁推杆		√	GB/T 4678.16—2003
68	压铸模　零件　第 17 部分：推管		√	GB/T 4678.17—2003
69	压铸模　零件　第 18 部分：支承柱		√	GB/T 4678.18—2003
70	模锻锤和大型机械锻压机用模块技术条件		√	GB/T 11880—2008
71	硬质合金拉制模　型式和尺寸		√	GB/T 6110—2008
72	汽车轮胎模具验收通用规范	√		
二、行业标准				
1	液态硅胶模内注射成型模具设计规范和技术条件	√		
2	金属 3D 打印模具随形冷却水路模流分析	√		
3	金属 3D 打印模具随形冷却水路设计与加工	√		
4	冲模模架精度检查		√	JB/T 8071—2008
5	冲模零件技术条件		√	JB/T 7653—2008
6	冲模模架技术条件		√	JB/T 8050—2008
7	冲模模架零件技术条件		√	JB/T 8070—2008
8	冲模导向装置级进模滚动导向件	√		
9	热冲压模具技术条件	√		
10	内高压冲模　技术条件	√		
11	铸造冲模　零件　第 1 部分：上模座	√		
12	铸造冲模　零件　第 2 部分：下模座	√		
13	铸造冲模　零件　第 3 部分：压料芯	√		

（续）

序号	项目名称	制定	修订	替代采用标准
14	铸造冲模　零件　第 4 部分：定位器	√		
15	铸造冲模　零件　第 5 部分：送料装置	√		
16	铸造冲模　零件　第 6 部分：起吊装置	√		
17	铸造冲模　零件　第 7 部分：平衡块	√		
18	铸造冲模　零件　第 8 部分：防护板	√		
19	铸造冲模　零件　第 9 部分：侧销	√		
20	铸造冲模　零件　第 10 部分：存放块	√		
21	铸造冲模　零件　第 11 部分：限位块	√		
22	铸造冲模　零件　第 12 部分：自动化元件	√		
23	铸造冲模　零件　第 13 部分：气管接头	√		
24	铸造冲模　零件　第 14 部分：模具快速定位元件	√		
25	铸造冲模　零件　第 15 部分：镶块	√		
26	铸造冲模　零件　第 16 部分：切断刀块	√		
27	铸造冲模　零件　第 17 部分：剪边刀块	√		
28	铸造冲模　零件　第 18 部分：废料滑板	√		
29	乘用车发动机罩外板成形模通用技术条件	√		
30	乘用车行李箱外板成形模通用技术条件	√		
31	乘用车侧围成型模通用技术条件	√		
32	汽车门板注射模技术条件	√		
33	汽车保险杠模具　技术条件	√		
34	压铸模　浇注系统、溢流槽设置标准	√		
35	压铸模　集成排气标准	√		
36	压铸模　滑块、斜导柱、锁紧块标准	√		
80	压铸模自动化生产线技术条件	√		
81	切边模压铸自动化生产线技术条件	√		
37	异形环锻件模具设计规范	√		

（续）

序号	项目名称	制定	修订	替代采用标准
38	两辊式楔横轧模　技术条件	√		
39	快换锻造模架技术条件	√		
40	快换锻造模架　结构形式	√		
41	快换锻造模架　导向零件	√		
42	快换锻造模架　自动卡紧机构	√		
43	快换锻造模架　液压管路	√		
44	快换锻造模架　控制系统	√		
45	多向锻模	√		
46	粉末冶金模　技术条件	√		
47	铝型材挤压模　技术条件	√		
48	辊压模　辊冲模　模架技术条件	√		
49	辊压模　辊冲模　纸尿裤模架结构型式和尺寸	√		
50	辊压模　辊冲模　纸尿裤模辊结构型式和尺寸	√		
51	玻璃模　零件　第 1 部分　闷头手柄	√		
52	玻璃模　零件　第 2 部分　闷头座	√		
53	玻璃模　零件　第 3 部分　漏斗套	√		
54	玻璃模　零件　第 4 部分　初模外套	√		
55	玻璃模　零件　第 5 部分　初模外壳	√		
56	玻璃模　零件　第 6 部分　初模冷却垫片	√		
57	玻璃模　零件　第 7 部分　吹气管	√		
58	玻璃模　零件　第 8 部分　封板	√		
59	玻璃模　零件　第 9 部分　气管	√		
60	玻璃模　零件　第 10 部分　接片	√		
61	玻璃模　零件　第 11 部分　真空阀	√		
62	玻璃模　零件　第 12 部分　真空钉	√		
63	玻璃模　零件　第 13 部分　散热棒	√		

（续）

序号	项目名称	制定	修订	替代采用标准
64	玻璃模　零件　第 14 部分　底模接头	√		
65	玻璃模　零件　第 15 部分　配气板	√		
66	玻璃模　零件　第 16 部分　配气板定位套	√		
67	玻璃模　零件　第 17 部分　瓶钳	√		
68	玻璃模　零件　第 18 部分　耐磨板	√		
69	玻璃模　零件　第 19 部分　挂钉	√		
70	玻璃模　零件　第 20 部分　三角筋	√		
71	轮胎模具耐磨板技术条件	√		
72	轮胎模再制造验收规范	√		
73	硫化胶囊模具通用技术条件	√		
74	智能化轮胎模具通用技术条件	√		
75	3D 打印轮胎模具通用技术条件	√		
76	翻新轮胎模具技术条件	√		
77	工程机械轮胎模具技术条件	√		
78	轮胎模具弹簧气孔套技术条件	√		
79	陶瓷模技术条件	√		
80	汽车铝合金车轮低压铸造模具（技术条件）	√		

第 5 章

我国模具产业发展环境分析

5.1 我国模具产业发展机遇

5.1.1 传统模具大用户行业的发展及转型升级为模具行业提供更大的发展空间

1. 汽车制造业

汽车是复杂程度仅次于航空航天飞行器的运动机械，而其应用范围居所有高端装备之首。为适应汽车生产的大批量、高质量、低成本要求，汽车的车身、动力、传动和电子与控制四大系统的零部件 90% 以上采用模具成形（型）。由于新材料、新工艺的研发和应用，特别是轻量化制造技术的不断发展，汽车制造几乎使用了现有 12 大类模具的所有模具类型，成为当前使用模具类型最多、模具量最大的行业。根据现在汽车生产模式（流程），汽车模具除少量用于整车厂（如汽车覆盖件等的生产）外，绝大多数用于汽车零部件的生产中（如发动机、变速器、空调系统、车灯、轮胎、车身结构件等的制造）。

2010 年，我国汽车产量超过 1 800 万辆，成为世界最大的汽车生产国。之后连续增长，2016 年突破 2 800 万辆，销售收入超过 7 万亿元。我国也是汽车消费大国，其中家庭用车销量占乘用车销量的 70% 以上。为适应消费者个性化的需求，近 5 年来，乘用车每年推出的新车型都在 300 个以上。同时，我国汽车零部件出口近几年也保持在 600 多亿美元水平（3 500 亿元左右）。我国汽车制造业的快速发展为汽车模具提供了巨大的市场空间（产值约 650 亿～ 700 亿元）。1992—2016 年我国汽车产量如图 5-1 所示。2001—2016 年我国乘用车车型（车身结构）变化情况如图 5-2 所示。2013—2016 年我国汽车零部件出口贸易额季度走势如图 5-3 所示。

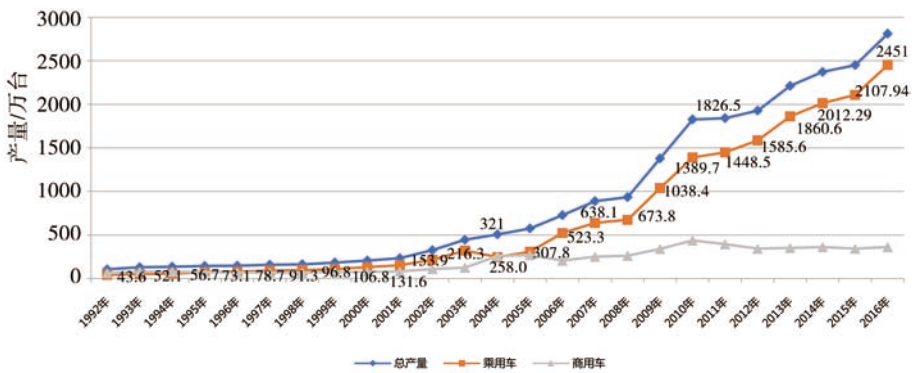


图 5-1 1992—2016 年我国汽车产量

图 5-2　2001—2016 年我国乘用车车型（车身结构）变化情况

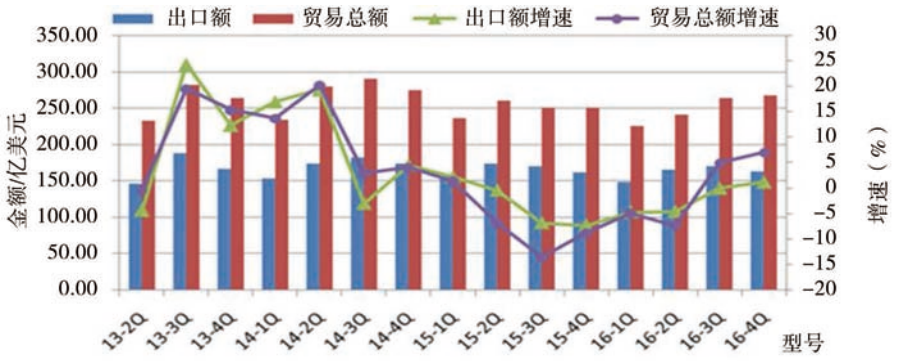


图 5-3　2013—2016 年我国汽车零部件出口贸易额季度走势

我国模具工业的技术进步和产业发展，在为我国汽车制造业发展服务的过程中得到巨大提升。汽车模具在我国模具总量中所占比重，在进入 21 世纪后有了很大的提高（从 2002 年的不足 20% 提高到 2016 年的近 40%）。2010 年以来，我国模具工业的经济增长，半数来自汽车模具的贡献。汽车轻量化制造技术发展和新能源汽车的增长，预计会为汽车模具提供 8 ～ 10 年的发展空间（包括技术提升和市场容量增加），特别是我国品牌乘用车产销能力的提升（2016 年首次突破 1 000 万辆，共销售 1 052.9 万辆，同比增长 20.5%，占乘用车销售总量的 43.2%），必将为我国模具产业特别是汽车模具产业增加高端模具比重创造更好的发展环境。

2．塑料制品加工业

我国塑料制品（不含特定工业产品中的塑料零件）产量在 21 世纪初就突破了 1 000 万 t，2016 年超过 7 700 万 t，塑料制品的应用涵盖民生工程的各个领域。模具是塑料制品生产的关键装备，其中 70% 以上的塑料制品完全由模具制造。

塑料模具（包括注射模、吹塑模、吸塑膜、挤出模等）在我国模具总量中所

占比重目前达到 45% 左右。随着工程塑料（高分子聚合物）等新材料的研发和扩大应用，塑料模具的市场需求会进一步增加。2004—2016 年我国塑料制品产量如图 5-4 所示。2004—2016 年我国塑料制品产量增长率如图 5-5 所示。

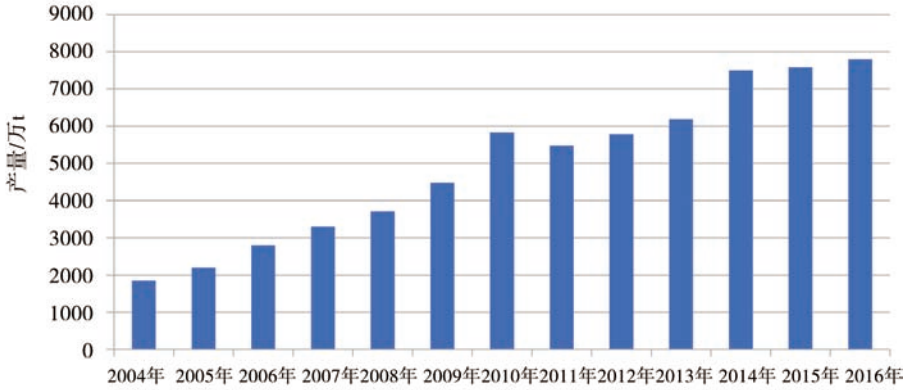


图 5-4　2004—2016 年我国塑料制品产量

图 5-5　2004—2016 年我国塑料制品产量增长率

3. 电子与信息产业

电子与信息产业是与汽车制造并行的模具大用户行业之一。电子与信息产品生产使用的模具涵盖高速多工位级进冲模、精密注射模等多种精密复杂模具，是高效率、高精度、长寿命模具的典型代表。我国是电子与信息产品的生产大国，2015 年行业的销售收入超过 10 万亿元，全行业使用模具产值接近 700 亿元。

我国电子与信息产业在“十二五”期间取得长足发展，根据信息产业研究院发布的 2016 年 1—11 月数据，规模以上电子信息制造业增加值同比增长 9.6%，高于全部规模以上工业增速 3.6 个百分点，占规模以上工业增加值比重为 7.4%。

其中通信设备行业生产仍保持两位数增长。手机生产同比增长 19.9%，达到 20 亿部（其中智能手机 14 亿部，增长 12.7%，占全部手机产量比重为 70.4%）。生产移动通信基站设备 31 898 万信道，同比增长 15.6%，出口交货值同比增长 2.0%；计算机行业生产微型计算机设备 26 204 万台（其中笔记本式计算机 14 931 万台，平板计算机 7 659 万台），出口交货值同比下降 5.50%；家用视听行业生产继续增长，生产彩色电视机 15 677 万台，同比增长 8.2%，（其中液晶电视机 15 147 万台，增长 8.2%；智能电视机 9 517 万台，增长 17.1%，占彩色电视机产量比重为 60.7%），出口交货值同比增长 1.0%；电子元件行业生产平稳增长，电子元件生产 33 715 亿只，同比增长 7.8%，出口交货值同比增长 2.2%；电子器件行业重点产品产量高位增长，生产集成电路 1 191 亿块，同比增长 20.9%；半导体分立器件 5 797 亿只，同比增长 10.6%。光伏电池 6 838 万 kW，同比增长 16.6%。

我国电子与信息产业中，中国品牌产品（如手机）比重的增加，为我国精密模具产业发展提供了更多的市场空间。2006—2016 年我国手机产量如图 5-6 所示。

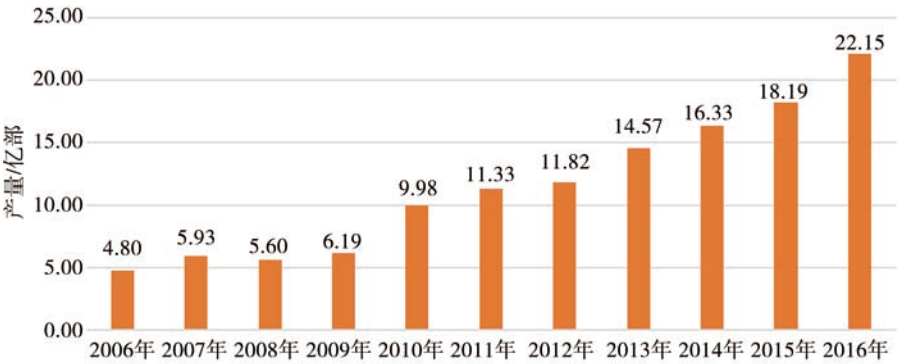


图 5-6　2006—2016 年我国手机产量

4. 家用电器行业

家用电器行业是我国产品制造业发展最早的行业，也是中国品牌成长最快的行业。20 世纪 80—90 年代，我国家用电器行业不论是大型家用电器（彩电、冰箱、洗衣机、家用空调）还是小型家用电器（厨房电器等）几乎是国外品牌的一统天下。进入 21 世纪，这一局面得到根本地改变，以白家用电器（冰箱、空调、洗衣机）为代表的大家用电器和以厨房电器为代表的小型家用电器开始转变为以中国品牌为主导。2011 年，我国家用电器行业销售收入突破 1 万亿元，2014 年达到 15 000 亿元，成为名副其实的世界家用电器制造大国。同时，

经过 30 年的快速发展，我国家用电器的出口也稳步增长，特别是自 2008 年以来，我国家用电器出口在全球市场比重持续上升。2014 年，我国家用电器出口额约占全球出口市场的 37%（其中大型家用电器为 31%，小型家用电器为 46%），其中连续多年大容量洗衣机出口比重稳居世界第一，全自动洗衣机出口比重居世界第二，冷藏冷冻柜出口比重为居世界第三。全行业出口年平均 550 亿美元左右。2007—2013 年我国家用电器制造业销售收入及增长率如图 5-7 所示。

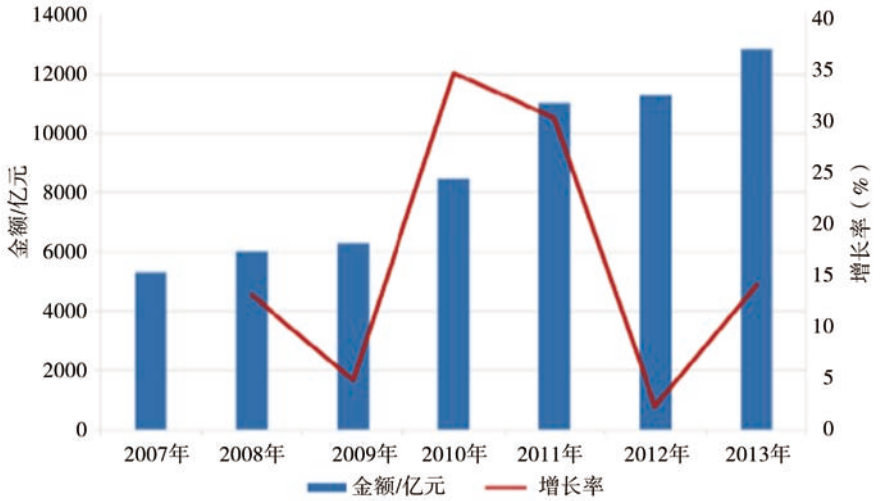


图 5-7　2007—2013 年我国家用电器制造业销售收入及增长率

家用电器产品具有品种规格多、生产批量大、外观要求高、整机价格较低的特点，因此，家用电器产品主要零部件的制造几乎全部采用生产效率高、制造成本低的模具成形技术。同时，由于家用电器产品为满足防腐蚀和外观美观的要求，其外观件和主要部件大量使用高级别工程塑料和耐蚀金属材料（如涂层钢板、不锈钢板、铝合金材料等）。因此，复杂精密注射模具和金属板材冲模成为家用电器模具的主体。当前我国家用电器行业使用的模具产值 150 亿～ 170 亿元。

我国家用电器模具特别是大型复杂塑料模具的发展，为我国模具产业的技术进步和转型升级做出了积极贡献。20 世纪 90 年代，大屏幕彩电（特别是显像管式彩电）、空调机壳的注射模具代表了当时大型复杂注射模具的最高水平，之后发明的高光无痕、模内转印等模具新技术，进一步推动了精密注射模具技术的发

展，并形成了技术水平高、制造能力强的家用电器模具产业。21 世纪初期，我国汽车制造业发展加速，加之“以塑代钢”轻量化制造技术的迅速推进，汽车塑料件及其模具的市场形成空缺。为转移已经过剩的家用电器模具产业产能，我国家用电器模具企业（大型注射模具）在 20 世纪末就开始关注汽车模具行业的发展，利用在大型复杂注射模具领域的优势，探索进入汽车模具领域的途径和渠道。到 2005 年前后，汽车塑料件模具生产的主力企业，许多都是由生产家用电器塑料模具的企业转移过来的，其中不少企业已经成为汽车塑料件模具及制品知名的模具供应商，不仅满足了国内汽车制造业对模具的需求，还出口到美、日及欧洲的汽车发达国家。

我国是一个家用电器生产大国，更是家用电器消费大国。随着我国居民收入和生活水平的不断提高，家用电器的消费结构也在不断调整：①作为必购品的大型家用电器（电视机、冰箱、空调、洗衣机）通过产品和技术的升级，不断推动着消费者的更新换代。②长时间内作为选购品的小型家用电器，也随着人们对家庭环境绿色、舒适以及家务劳动自动化需求的不断提高，逐步成为家庭的标配（如排油烟机、微波炉、热水器等厨房家用电器和吸尘器、空气净化器等家用电器）。2009—2014 年我国小型家用电器销售情况如图 5-8 所示。

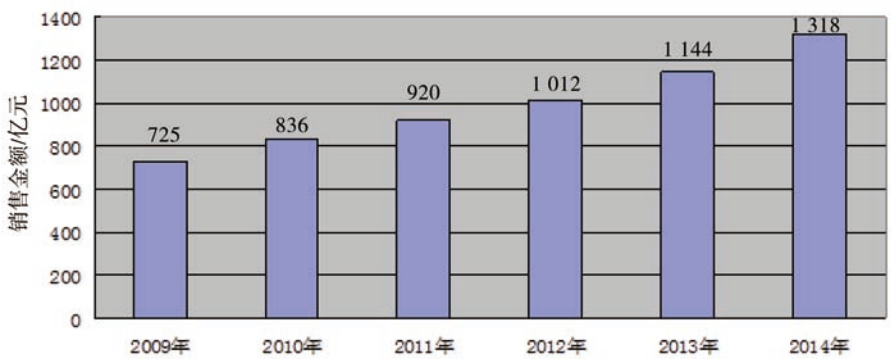


图 5-8　2009—2014 年我国小型家用电器销售情况

家用电器产业虽是一个传统产业，但我国的家用电器行业仍是一个充满发展活力的行业。“十三五”时期，国内将迎来新一轮消费结构升级，不仅是需求量的提高，同时也从供给层面在智能化、互联网化、绿色环保等方面对家用电器产品提出更高要求。家用电器产品的大批量更新换代，网络化、个性化、多元化消费时代的到来将推动新兴家用电器品类快速发展，而智能化将是未来家用电器产

业发展的首要方向。《中国制造 2025》的实施及互联网 + 等新技术的引入，正在带动家用电器制造向智能化、网络化升级，为我国家用电器工业的转型升级发展带来较好的战略机遇。

为了支持家用电器产品及零部件出口，财政部 2016 年发布对机电产品、成品油等产品的出口退税率的通知，其中家用电器产品中电风扇、抽油烟机、干衣机、家用水净化器、家用气体净化器、家用洗碟机及压缩机、风扇零部件、空调器零部件、干衣机零部件、家用净化器零部件、家用洗碟机零部件、家用洗衣机零部件等出口退税率自 2016 年 11 月 1 日起调整至 17%。

国家对家用电器行业的政策支持，正在通过行业的转型升级逐步得到释放。2017 年，全行业的主营业务收入达到 8 046 亿元，实现利润 504.8 亿元。家用电器行业的整体销售收入同比增长 16.02%，利润增长 9.63%。整个家用电器市场运行平稳，大型白家用电器产品、小型家用电器产品的产量、销量都有增长，家用电器行业经济运行质量总体健康。其中空调、燃气热水器、抽油烟机的增长都达到两位数。2017 年上半年，家用电器行业累计出口额 310.5 亿美元，增长 7.7%，处于历史最好水平（顺差 291.1 亿美元）。其中对“一带一路”沿线 65 个国家出口增势明显，出口额 94.6 亿美元，增长 11.7%，占全球的比重为 30.5%。小型家用电器各品类出口额均已扭转负增长态势。家用电器行业的转型升级和发展，为模具行业进一步提供发展空间。

上述 4 个行业（汽车制造业、塑料制品加工业、电子与信息产业和家用电器行业）模具用量占我国模具消费市场的 80% 以上，而且涵盖了大型、复杂、精密、长寿命模具。这些行业“十三五”发展规划中的创新驱动发展和转型升级目标，为模具行业的发展指出了方向，展示出令人振奋的市场前景。

5.1.2 新兴模具用户行业的发展为模具产业提供了潜在的市场机遇

由于模具成形（型）制造技术具备的成形制品精度高、性能好，正在成为现阶段高端装备制造业发展的助推器。同时，这些高端装备制造业的发展也为模具行业的创新发展提供了新的市场。

1. 高铁动车组及轨道交通列车

高铁动车组及轨道交通列车由于高强度、高舒适化以及轻量化的要求而大量采用轻金属（铝合金等）和复合材料（增强工程塑料等），它们主要系统的构件和零部件制造大多采用模具成形（型）技术。随着我国八横八纵高速铁路网的建

成及高铁技术的出口，高铁动车组及轨道交通列车产业每年将达到 500 亿～ 700 亿元的生产能力，模具需求量将增加至少 30 亿元。高铁关键系统及部件如图 5-9 所示。

图 5-9　高铁关键系统及部件

2. 商用飞机制造业

我国商用飞机的量产将为客舱内饰（座椅、行李架）和结构零部件（门、窗、生活卫生设备）的制造提出 20 亿元左右的模具需求。商用飞机客舱内饰如图 5-10 所示。

图 5-10　商用飞机客舱内饰

3. 机器人及增材制造产业

2013 年起，我国成为全球第一大工业机器人应用市场；2014 年销量达到 5.7 万台，同比增长 56%，占全球销量的 1/4；2016 年销量超过 6 万台。为贯彻落实好《中国制造 2025》将机器人作为重点发展领域的总体部署，推进我国机器人产业快速健康可持续发展，工业和信息化部正式发布《机器人产业发展规划（2016—2020 年）》。根据该规划的发展目标，我国将经过五年的努力，形成较为完善的机器人产业体系；技术创新能力和国际竞争能力明显增强，产品性能和质量达到国际同类水平，关键零部件取得重大突破，基本满足市场需求。

根据规划制定的发展目标，通过产业规模持续增长，到 2020 年，自主品牌工业机器人年产量达到 10 万台，六轴及以上工业机器人年产量达到 5 万台以上。服务机器人年销售收入超过 300 亿元，在助老助残、医疗康复等领域实现小批量生产及应用。同时，要培育 3 家以上具有国际竞争力的龙头企业，打造 5 个以上机器人配套产业集群。

我国增材制造产业虽起步晚，但产业规模增长较快。2016 年，我国增材制造产业规模已达 80 亿元（2012 年仅为 12 亿元）。工业和信息化部还编制了《国家增材制造产业发展行动计划（2017—2020 年）》，行动计划将在政策扶持等方面给予产业一定的支持，将进一步加快我国增材制造（主要是 3D 打印）产业的发展。

按照我国机器人和3D打印产业的发展规划，到2020年将形成每年15亿～20亿元的模具市场需求。

5.1.3 国际模具市场结构变化有利于我国模具在国际市场份额的增加

根据国际模协数据，2016年其会员的产值（或销售收入）为400亿美元，按照国际模协会员产值与所在国（地区）模具总产值之比为0.30～0.35推算（中国为0.3），当前世界主要模具生产国的模具生产总量在1 100亿美元左右。考虑到部分产品制造企业自产自用模具难以统计以及部分国家（地区）的所用模具主要依靠进口等因素，当前世界年模具消耗量估计在1 200亿美元左右。

由于制造业全球化过程中模具制造业发展的不平衡，世界模具消耗量的相当部分需通过国际贸易来解决，特别是一些新兴经济发展中国家的模具需求，仍主要依赖进口。按进口额20%～25%计算（中国2016年为22%），近3年的世界模具年贸易总额在240亿～300亿美元。

1. 世界模具贸易格局的调整与变化

20世纪80年代之前，由于欧洲、北美的国家及日本等发达国家是世界制造业中心，因此，模具国际贸易主要发生在这些国家和地区之间，占世界模具贸易总量的80%以上。90年代开始，由于中国、亚洲四小龙以及南美（巴西、阿根廷）、印度等国家和地区制造业的快速发展，模具国际贸易的范围大大扩展，而模具贸易的货物流向主要是工业发达国家的模具出口到发展中国家，这种局面一直维持到21世纪初期。

进入21世纪，西方国家经济增速放缓，制造业外迁，西方国家国内模具市场萎缩，特别是2008年国际金融危机以来，发达国家经济复苏乏力，由于模具生产成本和发展中国家模具制造水平的提高，被迫调整了他们的模具国际贸易战略：利用模具技术研发和高端模具制造技术优势，增加高附加值模具的出口，而国内市场需要的中低端模具则通过向模具性价比更高的国家或地区的进口来解决。这也为我国模具行业的转型升级、增加出口提供了极好的市场环境。

2．我国的模具国际贸易发展

我国的模具国际贸易发展经历了三个主要阶段。一是20世纪八九十年代以进口为主的阶段，这一时期我国制造业（特别是引进生产线）所需中高档模具基本依靠进口，最高年进口模具额达10亿美元，占我国模具市场比重年均在25%以上，而模具出口一直徘徊在数千万美元。二是21世纪前10年的进口和出口并

行发展阶段。这一时期，由于我国汽车制造业和电子信息产业的高速发展，推动模具进口保持了年均 8% 左右的增长速度，而我国的模具工业经过 20 年的技术进步和产业发展，低中档模具（特别是中大型塑料模具）制造水平已进入国际先进行列，并具备了批量进入国际市场的能力。因此，从 1999 年我国模具出口突破 1 亿美元之后，连续 10 年保持了年均 35% 以上的出口增长率，模具贸易逆差也从 1999 年的 7.5 亿美元（进口 8.83 亿美元，出口 1.33 亿美元）减少到了 2008 年的 0.82 亿美元（进口 20.04 亿美元，出口 19.22 亿美元）。三是积极应对国际金融危机，实现我国模具出口稳定增长，贸易顺差迅速扩大阶段。这一时期，我国模具产业虽然遭受了国际金融危机的冲击，总体水平仍得到进一步提升，不但成长为世界模具制造大国，而且具备所有模具类型批量出口能力。自 2008 年起，连续 8 年保持了年均 13% 的出口增长率，其中 2010 年我国模具出口额首次超过模具进口额（进口 20.62 亿美元，出口 21.95 亿美元）、2016 年贸易顺差达 27.87 亿美元（进口 20.03 亿美元，出口 47.9 亿美元），保持着世界模具贸易大国和模具出口大国地位。2007—2016 年我国模具进出口情况如图 5-11 所示。

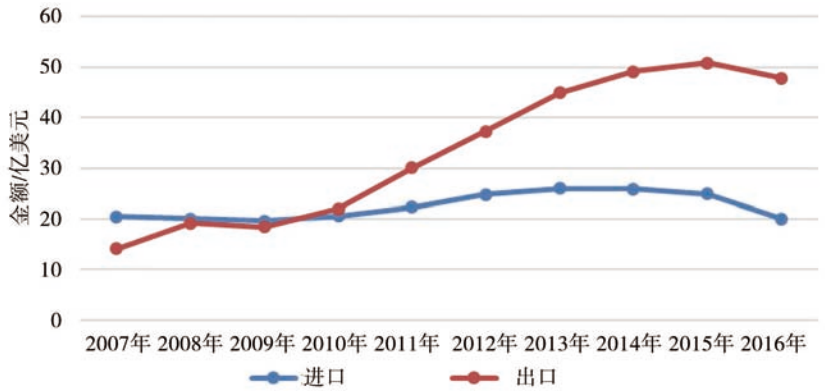


图 5-11　2007—2016 年我国模具进出口情况

随着“一带一路”战略的实施和金砖国家合作机制的落地以及世界经济的复苏，世界模具市场有望迎来新的增长。我国模具在国际贸易中形成的高度互补的产品格局，将继续在新增市场份额竞争中占据优势地位。2004—2016 年我国模具出口主要目的地情况见表 5-1。从表中可以看到，自 2007 年以来，美国、日本、德国等模具强国始终排在我国模具出口目的地的前 5 位，与我国模具进口货源地排序相近，表现出我国模具国际贸易中与这些国家的高度互补性。同时，可以看出，印度、墨西哥、越南、泰国等新兴模具市场国家（地区），正在进入我国模

具出口主要目的地行列。

表 5-1　2004—2016 年我国模具出口主要目的地情况

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2004 年	中国香港	日本	美国	中国台湾	新加坡	泰国	印度尼西亚	越南	土耳其	韩国
2005 年	中国香港	美国	日本	中国台湾	法国	泰国	韩国	新加坡	土耳其	德国
2006 年	中国香港	美国	日本	中国台湾	马来西亚	越南	韩国	英国	新加坡	西班牙
2007 年	中国香港	美国	日本	中国台湾	德国	法国	泰国	印度	马来西亚	西班牙
2008 年	中国香港	日本	美国	德国	印度	中国台湾	法国	西班牙	巴西	意大利
2009 年	中国香港	美国	日本	德国	印度	中国台湾	法国	巴西	韩国	越南
2010 年	中国香港	美国	日本	印度	德国	中国台湾	泰国	法国	越南	英国
2011 年	中国香港	美国	日本	印度	德国	泰国	巴西	法国	中国台湾	越南
2012 年	中国香港	美国	日本	印度	德国	巴西	泰国	法国	台澎金马关税区	越南
2013 年	中国香港	美国	日本	德国	印度	法国	泰国	西班牙	台澎金马关税区	墨西哥
2014 年	中国香港	美国	日本	德国	印度	泰国	越南	英国	墨西哥	西班牙
2015 年	中国香港	美国	日本	德国	印度	泰国	墨西哥	越南	法国	英国
2016 年	美国	中国香港	日本	德国	印度	墨西哥	越南	泰国	西班牙	法国

5.2　我国模具行业“由大转强”面临的挑战

我国模具行业在产品制造业快速发展形成的巨大市场的拉动和我国政府的大力支持下发展迅速，已经成为世界模具生产大国与贸易大国，实现了制造能力的“由小变大”，但与制造业转型升级和发展对模具的需求以及与国际上装备制造业发展的先进水平相比仍有较大差距，概括讲是“大而不强”。

为了提升我国模具行业的总体水平，更加有力地支撑我国传统制造业的转型

升级和战略性新兴产业的发展，提高我国模具行业在国际市场上的竞争力，由工业和信息化部发布的《模具行业“十二五”发展规划》的指导思想中提出：“以科学发展为主题，以加快转变发展方式为主体，以结构调整为主攻方向，以技术进步为依托，创新驱动，‘好’字当头，搞好信息化与工业化的深度融合，走两化融合新型工艺道路，以提高行业整体实力和企业核心竞争力为主要目标，深化改革，深度开拓市场，苦练内功，着力转变发展方式，提升软实力，更好地为提高装备制造业总体水平、为我国实现低碳经济和国防现代化服务，为我国模具行业到 2020 年步入世界模具强国奠定坚实的基础。”首次明确了通过转型升级实现我国模具工业“由大转强”的战略思路。在应对国际金融危机对我国制造业冲击进程中，国务院印发了《工业转型升级规划（2011—2015 年）》，为进入新一轮转型升级高潮的模具行业指明了方向，形成了坚持转型升级是实现我国模具行业“由大转强”唯一途径的行业共识。

总结“十二五”模具行业的转型升级实践认识到，提高产能和提升质量效益为目标的转型升级，其实施难度是不同的，后者远高于前者。特别是世界经济增长缓慢、我国经济发展进入“新常态”的经济大环境下，我国模具行业的转型升级任重道远，实现“由大转强”还面临诸多挑战。

5.2.1 进一步完善我国模具工业体系

完整、强大的模具工业体系是模具强国的重要标志和基础。我国模具工业经过 30 多年的改革发展，已基本建立了较为完整的模具生产体系，但以各类软件为核心的数字化设计制造技术服务体系和以加工设备、检测设备、试模设备为主的模具制造装备的研发、生产、供应体系尚未形成。目前所需产品主要依赖美国、日本及欧洲的国家等国外公司提供，自主品牌的模具设计软件和高档数控制造装备的占有率不到 10%，严重影响我国模具行业技术创新能力和质量效益的提升。对比美国、日本、德国等模具强国的模具制造水平和我国模具行业转型升级、实现由大转强的要求，我国的现代模具工业的体系建设差距明显，特别是设计软件和高档数控机床的研发和制造体系的建立，绝不是模具行业本身能力所能及的，需要我国工业界的共同努力。

比较成熟的一些体系（如模具研发体系、模具材料生产供应体系、模具标准件生产供应体系、骨干企业队伍等），在机制转换、自主创新、国际化程度提升等方面的基础还不够坚实，影响着我国模具行业产业结构优化的进程。如产业模具间产能不平衡问题、模具制造服务业发展等。

5.2.2 推动创新驱动发展，提高我国模具行业的竞争力

1. 技术创新是装备制造业创新驱动发展的先导和主体

《国家创新驱动发展战略纲要》明确指出：抓创新首先要抓科技创新，补短板首先要补科技创新的短板。我国模具行业正是按照这一战略，把技术创新作为行业创新（科技创新、制度创新、管理创新、商业模式创新、业态创新和文化创新）的先导和基础，推动行业发展方式向依靠持续的知识积累、技术进步和劳动力素质提升转变，促进模具行业向“专、精、特、强”方向发展。“十二五”期间，模具行业获得省部级科技成果 30 多项；授权专利 10 万余项（其中发明专利 9 000 余项），超过前 30 年的总和；制修订模具标准 86 项（制定国家标准 3 项）。信息化技术和“互联网 + 模具”技术的开发和应用正在推动模具行业的管理创新、商业模式创新、业态创新和文化创新。

我国模具行业是一个新兴行业，目前仍处于全球价值链的中低端，模具设计制造技术大多来自国（境）外，一些关键核心技术受制于人，发达国家在模具成形（型）技术领域仍然占据明显领先优势。由于适应创新驱动的体制机制尚不健全，企业创新动力不足，创新体系整体效能不高，特别是科技人才队伍不强，领军人才和高技能人才缺乏。因此，我国模具技术创新模式还比较单一，主要是引进、消化、吸收、再创新；集成创新因涉及材料性能、成形工艺和成形设备多方面技术，而我国目前还缺少协同创新机制和环境，因而，集成创新数量较少；原始创新的能力相对上两种创新模式更弱。总体上，模具行业高水平的科研成果不多，推动行业技术进步的作用还没有充分发挥。

2. 发展方式转变任重道远

我国经济发展进入“新常态”的重要标志之一，是发展动力由要素驱动转向创新驱动，从关注产能增加转向质量效益的提升。这也是模具行业健康发展、实现由大转强迫切需要解决的关键问题。《模具行业“十二五”发展规划》在发展思路中提出模具行业转变发展方式的主要工作方向：“模具产业要从过去主要依靠规模扩张和数量增加的粗放型发展模式，逐步向主要依靠科技进步与提高产品质量及水平为重点的精益型发展模式转变；从以引进、消化、吸收国际先进技术为主的发展模式，向引进、消化、吸收和提高自主创新能力并重的发展模式转变；从以技能型为主的行业特征向以技术型和现代企业管理型为主的行业特征转变；大力推进创新驱动的发展方式，积极培育和发展新的增长点。模具企业要从单纯生产型向生产服务型转变。”总结“十二五”模具行业发展方式转变实践认识到，

产业发展方式的转变速度既不能脱离整个国家经济发展方式转变的大环境，也不能超越本行业自身的发展基础和条件。由于模具行业多年来以产能扩张为主的发展方式形成的惯性和创新能力不足，决定了整个行业由“要素驱动”到“创新驱动”发展的动能转换是一个长期的发展过程。

5.2.3 加快“转型升级”步伐，提高中高端模具市场竞争力

世界经济复苏和制造业不断发展，世界模具的总需求量在不断增加，而新材料、新工艺、新技术的开发和应用，大型、复杂、精密的中高端模具的比重迅速提高（包括国内模具市场）。我国作为模具制造大国和模具贸易大国（也是出口大国），必须紧跟国际模具市场变化形势，加快行业转型升级步伐，提高在中高端模具市场的竞争力，以保持行业的健康可持续发展。

“十三五”期间，我国制造业的转型升级和新兴产业的发展将为模具行业提供更大的市场空间，其中精密、复杂、多功能模具（高档模具）的比例会大幅提高，围绕节能降耗、轻量化制造技术相适应的模具将是中高端模具发展的重点。我国国内中高端模具市场容量的增加，对国内外模具企业都是机会，而市场竞争也会加剧。我国模具企业在分享这一可观市场过程中，将面临与外资模具企业（三资企业）和进口模具的激烈争夺。其中外资模具企业与主机厂（特别是国外品牌的主机厂，如汽车、电子、网络终端设备等）联系密切、合作时间长、研发能力强、管理水平高，而进口模具虽然进口额增长率不高，但其高档模具比例在不断增加。因此，在争夺我国高档模具市场中，外资模具企业和进口模具的优势比较明显。我国模具企业的国际化程度、品牌影响力等软实力还处在建设初期，影响高端模具市场竞争力的提高。

世界经济复苏和制造业发展会增加世界模具的总需求量，对我国模具增加出口有利。进入 21 世纪以来（特别是我国加入 WTO 以来），经过贸易促进机构、行业协会和出口企业的努力，我国模具出口与世界许多模具出口目的地，特别是工业发达国家建立起相互理解的合作共赢、优势互补的贸易关系，为维持我国模具出口的稳定增长打下了基础。到 2013 年，我国的模具出口目的地已超过 100 个国家和地区，参与出口的企业（包括贸易公司）达到 1.3 万余家。但随着我国模具制造成本（人工成本、软件成本等）的上涨、贸易成本提高（售后服务体系建设、人民币升值等）和技术（高档模具的研发与制造）及非技术贸易壁垒（反倾销等）等出口不利因素的增多，我国模具出口增长的制约因素在增加，特别是我国目前单一的模具产品出口增长势头受到抑制〔我国模具出口增长率自 2012

年起连续 4 年下降之后，2016 年出现我国模具出口历史上第二次负增长，（第一次 2009 年）〕。而资本出口（境外建厂、收购、合资等）也因我国模具企业国际化程度不高和工业发达国家的海外产业链成熟等因素的制约，发展速度难以在短时间内提高。2008—2016 年我国模具出口情况如图 5-12 所示。

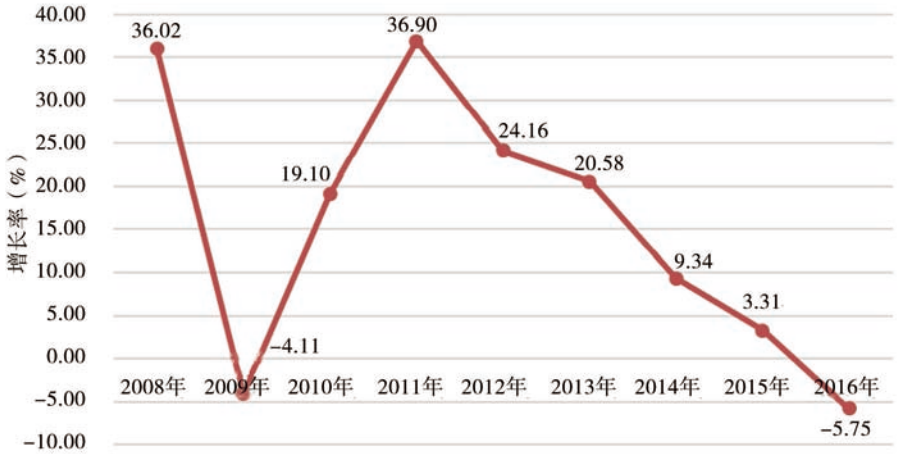


图 5-12　2008—2016 年我国模具出口情况

5.2.4　推动建立模具产业链协同发展的机制体制

在全球以信息网络、智能制造、新能源和新材料为代表的新一轮技术创新浪潮下，装备制造业发展呈现出制造的协同和产业链的高度集成的趋势。我国模具行业要摆脱处于模具成形（型）产业链低端（单纯的模具加工）而逐步迈向模具成形（型）制造技术产业链的中高端（参与产品的设计开发、延伸模具应用过程的技术服务），必须在两个方面推进协同创新发展模式。一是在模具制造产业链上推进自动化与智能化制造等精准高效的生产模式和基于信息化、网络化技术的资源优化配置和供应链管理技术，逐步形成标准化实施、规范化配给、合作共赢的模具制造产业链，以提升模具制造企业的质量、效益和核心竞争力；二是积极参与模具成形（型）制造技术产业链的协同创新工作，发挥模具在模具成形（型）制造整体解决方案中的关键（甚至主导）作用，推动我国模具成形（型）制造技术的发展。协同创新理念在政府的推动下已经取得了较大进展。但受到企业、行业间存在的条块分割等因素，还没有形成合理的产业链协同创新机制和共赢共享的协同创新文化，制约了我国模具企业向产业链中高端迈进的进程。

5.2.5 提高从业人员素质，加快高素质模具人才队伍建设

高素质的人才资源是支撑模具产业发展、建设模具强国的重要基础条件。模具工业发达国家无一例外地把人力资源开发作为最重要的工作贯穿于本国模具工业发展进程中。

我国模具行业从业人员从20世纪70年代末的5万人增加到目前的近百万人，为我国成为世界模具制造大国和出口大国提供了人力资源保障。改革开放以来，我国政府一直重视模具人才的培养和使用，在上千所大中专院校开设了与模具设计制造相关的专业（或课程），并在招生、就业方面给予优惠，成为向模具行业输送人力资源的主渠道。模具行业组织发挥自身优势，利用社会资源建立人才培训基地（仅中国模具工业协会就在大专院校、科研机构和企业建立了100个模具人才基地），积极参与模具技能人才在岗培训和继续教育工作；许多模具企业认识到人员素质对企业发展的重要性，采用请（老师）进来、送出去多种方式，对员工进行岗前、岗中或专题培训。

随着我国现代模具工业的发展以及模具设计制造技术的进步，由于人才发展速度不能满足行业发展需要造成的人才短缺，尤其是技能型、复合型、开发型人才不足，成了全行业共同面临的难题。因此，培养和造就一支包括工程技术人员、技术工人和管理人员在内的高素质的员工队伍和优秀企业家队伍，形成与模具行业发展相适应的、比例结构与发达国家相近的人才格局，成为我国模具工业推进转型升级、实现健康发展的关键课题，也是实现我国模具工业“由大转强”所必须完成的一项重要任务。

对比模具工业发达国家，如德国、瑞士、美国等国家模具人才的教育、培训体系，我国人才培养还没有形成与模具行业需求特征相吻合的模具人才开发体系，人才培养的体制机制尚不健全，人才发展落后于模具行业的发展需要。其中高素质的经营管理、开发设计、投资管理和对外贸易人才资源明显不足，这已成为制约行业转型升级进而实现模具强国目标的重要因素。

最近，《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》提出，要推进国家、行业、企业三位一体的人才培养体系的改革和建设，加快建立以人才需求为导向的现代职业（继续）教育体系，为我国模具的高素质人才开发开辟了新途径。当然，模具人才特别是高素质人才队伍的成长，需要全社会的努力和知识实践长时间的积累。

第 6 章

我国模具产业发展战略和发展目标

6.1 我国模具产业发展的指导思想

以科学发展为主题，以加快转变发展方式为主体，以结构调整为主攻方向，以技术进步为依托，推动创新驱动发展，走“两化融合”新型工业道路，以提高行业整体实力和企业核心竞争力为主要目标，深化改革，深度开拓市场，苦练内功，着力转变发展方式，提升软实力，发展现代制造服务业，进一步完善我国模具工业体系，提高行业整体实力；大力推动创新驱动，推进质量、品牌建设和精益制造，提高企业核心竞争力和国际化程度；落实《中国制造2025》计划，以推进模具智能制造为抓手，以加快新一代信息技术与模具制造业深度融合为主线，积极推进“互联网 +”行动计划；引导行业坚持转型升级，从关注产能增加到关注质量、效益的提升，为提高我国装备制造业水平和实现低碳经济发展目标，为我国模具行业到 2025 年步入世界模具强国奠定坚实的基础。

6.2 我国模具产业的发展目标

1）国内市场国产模具自配率达到 90% 以上，满足模具用户行业发展对模具产品的需要，2020 年国内模具市场预计为 2 500 亿元。重点发展制造业技术发展和转型升级中需要的中高档模具（在模具总量中的比例达到 60%）和新兴产业发展急需的关键模具。

2）2020 年模具出口达到 60 亿美元，其中中高档模具比例提高到 50% 以上。

3）高新技术企业达到 500 家左右；上市公司达到 40 家左右；中国模具工业协会评定授牌的“中国重点骨干模具企业”达到 200 家左右（2015 年为 160 家），其销售额占全行业的比例达到 25%。

4）建立模具行业企业信息化建设评价体系，提升企业信息化技术应用水平。50% 以上的规模以上企业基本实现信息化技术用于模具的研发设计、加工制造和经营管理。85% 的重点骨干企业基本实现模具全三维 CAD 和 CAD/CAE/CAM/PDM 设计生产技术，全面应用信息化技术的重点骨干企业达到 75%。

5）大力发展大型、精密、复杂、多功能复合模具和高速多工位级进模、连续复合精冲模、子午线轮胎活络模具以及微、特、新模具。

6）积极发展高档模具标准件和模具基础零部件研发生产，主要包括热流道元件、氮气弹簧、精定位元件、特殊斜锲、钣金数控成形刃模具和智能模具测控元件等；提高我国高档模具标准件制造能力，提升我国模具标准化制造水平。

7）在适用于模具企业的自主品牌软件的开发与提高方面有明显成效。

8）大力发展现代制造服务业，进一步优化模具行业结构。支持建立一批（20家左右）专业设计公司、技术服务公司、管理咨询公司等知识型制造服务企业，提高知识密集型、面向模具制造的服务业在制造服务业中的比重；在模具生产集聚地区，建成功能较为完备的行业公共服务平台；提升模具行业中小企业精益研发服务平台、模具及其零部件质量控制与检测服务平台、模具行业信息交流和加工协作等平台的运行水平；积极培育以云计算和互联网技术为基础的模具设计制造运营平台。

9）建立起中国模具行业“企业信用等级”评价体系。

10）建立起“中国模具工业协会团体标准”体系框架和工作机构，完成10项中国模具工业协会标准的制定。

11）主导起草模具国际标准。

6.3 我国模具产业的重点发展方向

6.3.1 技术发展方向

1. 先进模具设计加工的基础理论和共性技术研究与开发

1）新型材料成形机理、工艺与技术研究。

2）模具设计与制造新工艺及关键技术研究。

3）模具柔性加工和自动化生产技术的研究与开发。

4）先进热处理和表面处理等提高模具可靠性与寿命的技术开发。

5）基于网络环境模具CAD/CAE/CAM技术的异地协同分析与研究和运用全球网络的综合系统的研发。

6）模具虚拟制造（含试模）系统的研发。

7）模具设计制造过程的信息化、智能化技术研究。

8）模具的超精加工和细微加工技术的研究及应用。

9）模具制造在线检测技术和数字化调试技术的研究及应用。

10）金属3D打印技术（含钢粉）在模具制造中的应用研究。

11）模具绿色设计、制造技术的研究与应用。

12）成形工艺、设备、模具一体化成形解决方案技术开发。

13）大型板材和薄壁件（投影面积 500mm×1 000mm 以上）成形用模具使用中的变形规律研究及控制技术。

2. 参与轻量化材料精密成形工艺技术研究与开发

1）轿车车门内板镁合金、车门外板铝合金压铸成形制造技术。

2）C 级轿车前臂、后臂、转向节等结构件挤压铸造成形制造技术。

3）高强度纤维复合材料模具成形工艺技术研究与开发。

3. 具有自主知识产权的模具设计制造和管理软件的研发、提高及推广应用

1）模具三维 CAD/CAM 和 CAE 软件开发与产业化。

2）模具企业 ERP、PDM 系统研发与应用。

3）CAD/CAE/CAM 无缝集成及与 PDM 集成技术的研发与推广应用。

4）模具数字化设计制造技术系统研发与推广应用。

5）模具生产与模具企业信息化管理技术及软件的提高和应用。

4. 信息化技术应用与公共服务平台的建设

1）模具三维 CAD/CAM/CAE 一体化技术应用。

2）模具企业 ERP、PDM、PLM、MES 等信息化管理技术应用。

3）基于网络环境的协同设计技术。

4）新能源汽车和车身轻量化制造技术与模具工程研究中心建设。

5）基于云计算的模具精益研发平台建设。

6）碳纤维复合材料及模具试验公共服务平台。

5. 大型及精密冲压模具设计制造技术

1）D 级轿车覆盖件模具设计制造技术。

2）汽车结构件多工位级进冲模设计、制造技术。

3）高强度钢板及不等厚焊接钢板冷冲压模具设计、制造技术。

4）（超）高强度钢板热压成形用模具设计、制造技术。

5）厚板（8 ～ 10mm）复合精冲件的模具设计、制造技术。

6）超大规模集成电路引线框架冲压模具设计、制造技术。

7）为高于 5 μm 精度的精密微型连接件和为特大（ϕ400mm 以上）、特小（ϕ16mm 以下）、特型（ϕ12mm 以下笔式等）电动机铁心及高要求显像管、电子枪等配套的模具设计、制造技术等。

6. 大型及精密塑料模具设计制造技术

1）多注射头塑料封装模具设计、制造技术。

2）为 10 000kN 锁模力以上注射机和 2 000kN 以上热压压力机配套的大型塑料模具设计、制造技术。

3）多色、多材质注射模具设计、制造技术。

4）用于与金属嵌件一体注射成形的注射模设计、制造技术。

5）模内装配及装饰塑料模设计、制造技术。

6）高性能热流道和气液等辅助注射技术及模具技术。

7）塑料异型材共挤及高速挤出模具设计制造技术。

8）表面粗糙度 R_a 小于 8nm 的阵列光学模具加工技术。

7. 大型精密铸造模具设计制造技术

1）大型、薄壁镁合金压铸模具（为 20 000kN 以上锁模力压铸机配套的大型压铸模和精度达 0.03mm 以上的精密压铸模）设计、制造技术。

2）自动造型线用无箱挤压造型铸造模具制造技术。

3）模具高真空压铸技术。

8. 高等级子午线轮胎活络模具设计制造技术

1）铝合金花纹块精密铸造技术。

2）模具合模精确度控制技术。

3）巨型轮胎模具设计制造技术。

4）钢制轮胎模具设计制造技术

9. 高档模具标准件生产技术

1）寿命达到 100 万次的模具用高压氮气缸研制。

2）温控精度达到 ±1℃的热流道及系统研制。

3）专用斜锲机构研制。

4）模具标准件关键零件设计制造技术，活塞、活塞杆和缸体的精密加工技术，高可靠性密封及安全技术，热流道喷嘴精密加工技术，新型斜锲的设计技术及无油润滑耐磨材料的研发与加工技术等。

5）模具温度、压力等测控元件（传感器）。

6.3.2 标志性模具产品

1. 新能源汽车暨汽车轻量化制造技术所需的（超）高强度钢板冲压模具、纤维增强及多料多色注射模具、轻合金压铸及铸造模具

1）汽车高强度钢板（700 ～ 1 000MPa） 汽车侧围冲压模具。

2）汽车超高强度钢板（1 500MPa 以上）汽车中控道热成形模具。

3）含量 40% 以上长玻纤（8 ～ 12mm）增强塑料注射模具。

4）汽车双色大灯注射模具。

5）大型复杂轻金属汽车结构件和功能部件压铸模具。

6）（碳纤维等）复合材料成形模具。

7）高强度铝合金冲压成形模具。

8）制件重量大于 10kg、精度达到 0.05mm 的低压铸造模具和精度达到 0.07mm 的重力铸造模具。

9）汽车饰件微发泡注射模具。

10）汽车中控道压铸模具。

2. 电机、电器、IT 产品行业用的高速多工位级进冲压模具

1）中小型电机铁心高速多工位级进冲压模具。

2）微型电动机壳体高速多工位级进冲压模具。

3）电子插接件高速（3 000 冲次 /min 以上）多工位级进冲压模具。

4）为引线脚 150mm 以上及间距 0.12mm 以下的引线框架和超大规模集成电路配套的模具。

5）高要求显像管、电子枪等配套的模具。

6）高性能的多排、多列长寿命翅片模具。

3. 精密高效注射模具

1）1 000 万像素以上树脂光学组件（镜头）注射模具。

2）阵列光学模具。

3）200 腔以上饮料瓶坯注射模具。

4）超大规模集成电路封装模具。

5）精密医疗器械模具。

6）新型微特模具。

4. 其他大型、精密、多功能模具

1）C 级和 D 级轿车覆盖件成套模具。

2）塑料异型材共挤及高速挤出模具。

3）巨型（直径 4m 以上）工程轮胎模具。

4）可实现模内装饰、装配的注射模具。

5）分马力电动机铁心冲、叠、铆复合模具。

6）飞机阻燃内饰件成形模具。

7）动车组齿轮传动系统超高速（300km/h 以上）精密轴承关键模具。

8）高强度大尺寸复杂断面中空铝合金型材挤压模具。

5. 高档模具标准件

1）寿命达 100 万次的模具用高压氮气缸。

2）温控精度达到 ±1℃的热流道元件及系统。

3）大型复杂斜锲机构。

4）高性能新型模具标准件（测量传感器等）。

6. 智能化模具和模具集成制造单元

1）智能化注射生产线用模具。

2)具有温度、压力、变形感知及其数字信号输出功能的压铸模、冲压模等模具。

3）模具或模具零件智能化加工单元。

4）以模具为核心的集成制造单元。

6.4 我国模具产业发展的重点任务

6.4.1 建立国内外模具市场变化预警机制

准确分析并发布国内外模具市场变化信息，引导行业投资、技改和结构调整，主动适应我国经济（制造业）发展新常态，平衡模具分行业间的产能和市场匹配。

6.4.2 大力推进行业发展的创新驱动

继续完善行业技术创新体系建设，增加自主知识产权的技术和产品比重。我国模具行业已有 3 个国家级工程研究中心、1 个工程技术研究中心和 1 个国家重点实验室，它们为我国模具行业的发展，尤其是技术进步方面做出了很大贡献。但在水平和数量上，还不能满足行业转型升级发展的需要。为促进我国模具行业“由大转强”，在提升国家级模具技术创新机构的研发水平的同时，鼓励有能力的企业建设一批产业模具工程技术中心，与企业建立的技术研究中心一起，在行业共性技术和关键技术开发方面形成具有自主知识产权的成果，并实现成果产业化及推广应用。

重点发展数字化模具加工技术和信息化管理技术。大力推进模具数字化设计制造及企业信息化管理技术的开发应用，支持具有自主知识产权的模具生产和管理的专用软件的开发及升级，包括模具全三维 CAD 和 CAD/CAE/CAM 生产技术及高速高精加工、复合加工、精细电加工、自动化加工、大规模定制生产及网络虚拟技术等模具加工新技术和 CAPP、ERP、MES、PLM 等信息化管理技术。用

模具精细化制造和精益生产来保证和提高模具的可靠性和稳定性。积极参与模具制品成形过程在线智能化控制技术的研发。

推进产学研用结合，提升模具企业创新能力。支持企业建立产学研用相结合的科技创新平台，设立博士后科研工作站和大专院校科研实习基地，开展以企业为主体的产学研用相结合的科技创新活动，提升模具企业成为技术创新主体的能力，加快科技成果产业化的速度。

6.4.3 继续实施项目带动战略

提高企业作为技术创新主体的能力和企业自主创新能力，努力掌握核心技术和关键技术，发展先进制造技术和装备，提高模具数字化设计制造技术和自动化加工水平。努力为绿色制造、装备轻量化及新材料、新成形工艺应用开发新型模具。推动产业技术创新联盟建设，提升模具在零部件成形制造整体解决方案中的能力和我国模具在国际高端装备制造业中的影响力和话语权。

6.4.4 重点发展高技术含量、高附加值的中高档模具产品

重点发展汽车轻量化制造技术所需的（超）高强度钢板冲压模具、纤维增强及多料多色注射模、轻合金压铸及铸造模具，为 D 级汽车等中高档轿车的覆盖件模具和模夹一体化产品，为电子信息、IT 产业、仪器仪表、医疗器械、智能网络终端配套的精密模具。努力发展航空航天、高速铁路、电子和城市轨道交通、船舶、新能源、机器人、3D 打印设备等战略性新兴产业所需的新特模具，满足新兴模具用户行业发展需要。大力发展模具标准件生产，加大精密模具配件的市场开发力度，努力增加品种、提高质量，提高标准件使用覆盖率。

6.4.5 加强骨干企业的培育

培育重点骨干模具企业队伍和行业龙头企业，发挥它们引领行业发展的作用。进一步打造国家级乃至世界级的骨干模具企业，鼓励企业创名牌产品，向“大而强”和“专而强”方向发展；支持作为中坚力量的一大批中小企业走“专、精、特”发展道路；鼓励重点骨干企业与主机厂紧密结合，主动参加国家重点装备制造的联合开发，提升企业提供整体解决方案的能力；提高重点骨干模具企业的国际化水平。

6.4.6 发展外贸，稳定模具出口增长

模具出口是我国模具行业转型升级、产能转移的一个重要途径。“十三五”期间，要继续开展有针对性的市场对接和国际交流活动，加快出口基地建设，培育重点出口企业，支持完善海外营销网络和售后服务体系建设，提升模具出口企

业的国际化水平，稳定模具出口增长。同时，鼓励模具企业或集聚园区到海外投资建厂。

6.4.7 加强人才队伍建设

培养和造就一支包括工程技术人员、技术工人和管理人员在内的高素质的员工队伍，是“十三五”期间我国模具行业所面临的一个重要而艰巨的任务。同时，提升企业家素质的任务也迫在眉睫。为此，必须积极开展以提高技能和知识更新为重点的继续教育培训工作，加大对技能人才在岗培训和继续教育的力度，努力建设模具技能培训网络和技能鉴定体系，加快培养一大批结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型、知识技能型的模具专门人才，包括高级人才和优秀企业家队伍，逐步形成与模具行业发展相适应的、比例结构与发达国家相近的人才格局。

完善和提高中国模具工业协会人才培训基地建设和水平，完善模具行业特有工种职业技能鉴定和技术人员鉴定体系。中国模具工业协会人才培训基地 5 年培训高技能人才 25 万人次左右。受过专业教育、职业教育和在岗培训的人员占行业职工总数的比例达到 90% 以上。重点骨干企业高技能人才（具有技师、高级技师能力）占职工总数的比例达到 30% 以上。

中国模具工业协会积极参与“2016—2020 年教育部职业院校教学工作诊断与改进专家委员会”工作，推动模具职业教育持续提高技术技能人才培养质量，服务《中国制造 2025》。

6.4.8 继续推进模具集群式生产方式的发展

模具生产集聚区是我国模具工业发展的特色，有利于资源的整合与充分利用，为我国模具行业“由小到大”做出了积极贡献。“十三五”期间，要继续推进模具集群式生产方式和模具集聚区的发展，鼓励已成规模的集聚区进一步提高水平，指导在建和规划中的集聚区的建设。支持有条件的集聚区建立健全公共服务平台，发展现代制造服务业，提高区域配套服务能力，为模具产业的转型升级做出示范。

6.4.9 继续推动模具企业以模具制造技术为核心的产业链延伸

模具企业向以模具制造技术为核心的下游产业链延伸有助于模具行业的转型升级和制造业产业结构优化。以模具制造技术为核心的下游产业链延伸主要有两个方向：一是以模具成形（型）技术为主的制件、零部件或产品的生产，如汽车零部件、电子电器零部件或产品、建材及家装材料的生产；二是以精密加工技术为主的高新技术领域，如航空航天精密零部件、医疗器械零部件的加工生产。这

种延伸既可以充分发挥模具行业的资源优势，实现模具行业的转型升级，又可以提高产品制造业精密加工能力，从而优化我国制造业的资源配置和产业结构。我国模具行业要在已经开展产业链延伸的基础上，根据我国制造业发展的市场需求，继续加快以模具制造技术为核心的下游产业链延伸的速度和质量，为我国制造业的“由大变强”做出更大贡献。

第 7 章

我国模具产业发展的重点领域

7.1 汽车制造业

汽车制造业作为我国的支柱产业将会继续得到发展，而轻量化制造技术和新能源汽车的发展将对汽车模具在品种、质量及开发制造周期等方面提出更高的要求。因此，汽车模具在今后相当长的一段时间内仍是我国模具产业发展的重点领域。

7.1.1 汽车车身冲压模具

7.1.1.1 概述

目前，高端汽车覆盖件模具，尤其是整体侧围和翼子板模具技术仍是轿车开发中的瓶颈技术。长期以来，国外模具工业巨头们在大型精密模具设计制造技术相关领域内一直保持封锁。国外企业的模具车间甚至是“保密车间”，任何外来人员是不能随便进入的。即便在中国设厂，国外模具企业依然把关键设计与关键部件的制造放在本国。国外企业既有资金又有自主技术，并不需要和我国企业合资，它们看中的是我国低廉的劳动成本和原材料成本、便宜的地价与厂房建设费用，而核心技术是他们牢牢掌控的秘密。先进的技术和资金实力，再加上我国便宜的人力成本和原材料成本，使其在市场上的竞争优势陡升，一直占领的高端模具市场使我国的企业更加无法进入。可以说，外资企业已逐渐完成对我国模具高端市场的垄断，加大了国内企业进一步提升档次的难度。国内虽然对大型精密模具的需求日益加大，但目前仍然没有摆脱依赖进口的局面。汽车侧围—尺寸最大、制造难度最大的汽车车身冲压件如图 7-1 所示。

图 7-1 汽车侧围——尺寸最大、制造难度最大的汽车车身冲压件

7.1.1.2 市场需求及产品

轿车的外观、安全主要取决于外覆盖件，同时也是涉及整车匹配精度的关键部件。模具是汽车工业的基础工艺装备，制造一辆普通轿车本身需要约 1 500 套模具，其中有接近 1 000 套是冲压模具。汽车冲压模具以其生产制件所表现的高精度、高复杂程度、高的质量一致性、高生产率和低消耗，是其他加工制造方法所无法相比的，一直在国民经济各产业中发挥着重要作用。尤其是装备制造业中，90% 的粗加工零件、60% 以上的精加工零件都直接依靠模具来制造成形。

汽车冷冲模具直接为高新技术的产业化服务，其设计与制造大量采用高新技术，因此，汽车冷冲模具已是高新技术产业的重要组成部分。模具的开发能力、制造水平及技术含量的高低，已成为衡量一个国家科技发展与工业制造水平的重要标志，它在很大程度上决定着一个国家制造业的核心竞争力。侧围模具三维造型如图 7-2 所示。汽车冷冲模具如图 7-3 所示。

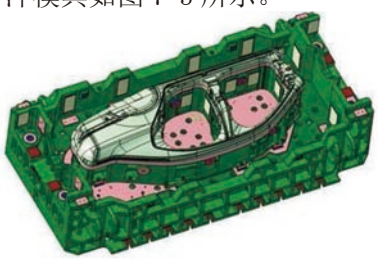


图 7-2 侧围模具三维造型

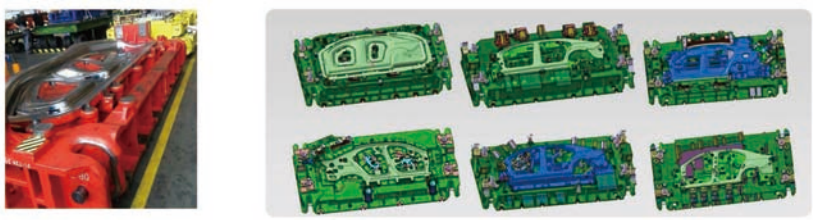


图 7-3 汽车冷冲模具

1. 汽车冲压模具材料与热处理

（1）冲压模具材料　目前，国产冷冲模具材料中 7CrSiMnMoV 及 Cr12MoV 应用较为广泛。国际上，模具材料以铸代锻是汽车模具绿色制造的发展方向。如欧洲的模具厂广泛采用系列铸态合金钢材料，日本丰田公司采用基体与刃口一体化的特殊铸铁材料来制作修边模，使模具的制造成本大大降低。

为顺应国际发展思路，国产铸态合金钢材料 1.2333、1.2370、1.2382 在逐步应用当中，但国内铸造水平较低，材料性能稳定性差，易出现质量缺陷。铸件质量的不稳定，常带来热处理变形大、开裂、使用寿命短等问题，而进口材料价格昂贵，严重制约着模具的发展。

随着高强度钢板在冲模中的大量应用，国外开发了专用于高强度钢板的模具材料，如 ASSAB 88、Caldie、DE-GP4M、SKD11S 等。而国内目前没有用于高强度钢板的模具材料。

（2）激光强化热处理工艺　国外应用成熟的热处理工艺 —— 激光淬火及激光熔覆对于我们来说则刚处于起步阶段，我国的相关工艺应用稳定性差、应用范围窄，目前仅用于拉深类模具。由于激光加热速度快，热影响区小，所以被处理的模具变形很小，成为国内模具热处理工艺的发展方向。

2. 冲压模具表面抗拉毛处理技术

目前，冲压模具表面拉毛等缺陷仍旧比较严重，国际上常通过材料及热处理的正确选择、合理的间隙、表面涂层技术等方法解决这一问题，但国内此方面技术欠缺。随着汽车产量的迅猛提升，对汽车覆盖件零件的表面质量要求越来越高，对该问题的有效解决方案的需求也越来越迫切。冲压生产中，因拉毛而进行模具修模抛光的生产线停机是模具停台的最主要原因。同时，因零件拉毛造成的返修品比例也位于返修品的前列。

3. 冲压模具设计开发技术

模具开发技术的发展方向主要是依托先进软件应用分析技术、同步与并行工程技术，使模具制造后期的调整调试研磨工作量尽可能前移到模具开发初期，甚至是汽车产品开发阶段。

（1）SE 同步工程　国内尚处于起步阶段，涉及范围窄、研究深入程度不够，有很大的发展前景。

（2）模具技术等级标准　存在没有针对 A/B/C 级车型或高档与低端车型分别制定相应的模具技术标准，导致产品制造成本过高、零件质量过高造成浪费。

（3）稳健工艺设计　采用新兴前沿分析技术，提高冲压工艺设计可靠性、提升产品质量、指导模具调试方向。

（4）外板件面品缺陷分析　新兴前沿分析技术与经验的结合，提升冲压零件产品质量。

（5）技术积累与经验　尤其是高端车型的外板零件，亟须做好经验积累。

（6）废料滑落分析　需要突破高频次自动化冲压生产的瓶颈技术。

（7）多驱动元模具新型结构　缩短模具工序、简化模具结构。

（8）精细模面设计　缩短模具调试周期，减少钳工手工研修效果明显。

（9）铝合金模具开发　铝车身制造技术是节能汽车的第一关键技术，目前国际上生产汽车用铝合金覆盖件的主要工艺有热冲压、充液拉深和超塑成形。

（10）冷成形高强度钢板模具　回弹控制是当前高强度钢板冲压技术最重要的研究方向。目前主要是两个方面，一是进一步提高回弹分析的精度，二是研究合理的模具设计参数，如拉深筋、工艺补充面和压边力等。尤其是后者需要在大量的应用实践中不断总结和积累经验。

（11）模具先进设计方法　模具的三维设计是数字化模具技术的重要内容，是实现模具设计、制造和检验一体化的基础。目前一汽模具制造有限公司采用全三维实体设计开发模式，CAD/CAM/CAE 技术应用比较成熟，基本实现了无图样的设计和生产，总体处于国内领先水平。随着计算机技术、CAD/CAM/CAE 软件应用技术的快速发展，我们应持续创新应用。由于所用软件基本都是从国外引进，在应用水平及深入程度上始终存在一定差距。

4．模具制造调试技术

（1）模具加工柔性化、自动化　汽车模具数控加工已由单纯的型面加工发展到型面和结构面的全面加工，由中低速加工发展到高速加工，加工自动化技术发展十分迅速。目前，国内大部分模具厂采用的是机群式加工，即划分机床种类，分别用于粗加工、半精加工和精加工。与柔性加工线比，无论是在效率上还是模具质量上都有不少的差距。未来，国内模具厂的发展方向应当是柔性加工生产线。

（2）高精度调试压机　调试压机精度不足导致模具研修工作在制造阶段很难到位，制件整改缺少可靠依据，用户现场模具调试研修周期过长。

5．模具开发制造信息化

模具行业是个特殊行业，类似于流水化生产又不同于流水化生产。同样的模具，除非复制，否则不可能制造两套完全一样的模具。管理科学化、信息化是模具企业的必经之路。主要应该关注解决生产计划与交期的矛盾、质量与成本的矛盾，

以及如何最大限度地提升数控机床效率、成本如何计算才更加合理等方面的问题。

6．特殊冲压成形装备

滚边压合成套技术目前处于研发及技术积累阶段，在辊压头的设计制造、仿真、电控、现场调试等方面，需要形成独立的开发能力。

多源压合机属于目前压合工装的高端装备，多源压合机主要依靠国外进口，目前没有自主研发能力。压合技术在焊装车间作为冲压和焊装的衔接技术，从内、外板单品的冲压技术，到焊装的涂胶、套合、压合、固化这一系列的质量，均在压合总成上得到体现。

7．其他材料成形

针对目前汽车轻量化的需求，越来越多地采用超高强钢板、铝板等难成形材料，在冲压工艺方法上也越来越多样化，如热成形、温热成形、液压涨形、超塑成形等，很好地解决了相关材料零件成形开裂、回弹、扭曲、成形力大等难题。全铝车身覆盖件（四门、两盖、侧围、翼子板）示意图如图 7-4 所示。高强钢板应用趋势如图 7-5 所示。

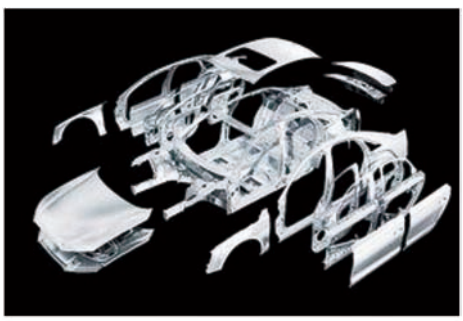


图 7-4　全铝车身覆盖件（四门、两盖、侧围、翼子板）示意图

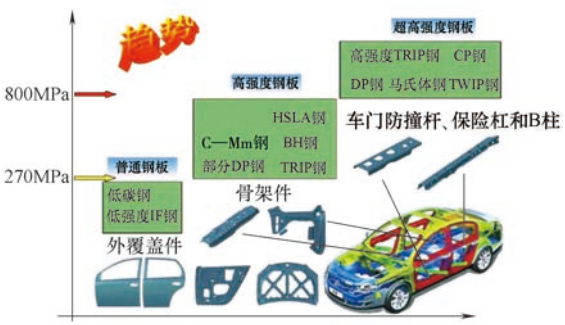


图 7-5　高强钢板应用趋势

8. 关键技术掌握计划

关键技术掌握计划见表 7-1。

表 7-1 关键技术掌握计划

类别		指标名称	技术掌控状态（%）		预期研发掌控中长期目标（%）		
			完全自主掌握	部分掌握	短期（3 年内）	中期（5 年内）	长期（10 年内）
模具核心技术	模具材料技术	铸态合金材料的使用		60	65	80	90
		模具材料		60	60	80	90
		降低铸造合金工具钢调质 / 高频感应淬火热处理废品率		50	60	80	90
	冲压成形技术	冲压同步工程（SE）体系的建立		40	50	60	85
		冲压件 CAE 分析技术	100		100	100	100
		超高强度钢板热成形模具设计制造技术		0	30	60	70
		铝合金覆盖件模具制造技术		60	60	70	80
		CAE 分析参数的使用		90	90	100	100
	冲压件质量控制技术	汽车外覆盖件回弹及 A 面重构		60	60	70	90
		侧围翼子板回弹的控制		50	50	70	80
		冲压件回弹的预测、控制、补偿		60	60	70	85
		冲压件尺寸精度与面品质量控制		80	80	85	90
		冲压件及模具检测、分析技术	100		100	100	100
	模具结构设计技术	高端轿车复合工艺模具结构设计技术	100		100	100	100
		结构尺寸控制技术		80	90	95	100
		级进模的模具结构设计技术		50	60	80	90
		与大型自动冲压线提速相适应的工艺、模具结构研究		70	70	80	90

（续）

类别		指标名称	技术掌控状态（%）		预期研发掌控中长期目标（%）		
			完全自主掌握	部分掌握	短期（3 年内）	中期（5 年内）	长期（10 年内）
模具核心技术	包边成形技术	压合机		30	40	60	80
		机器人辊边装备		20	30	60	70
	模夹一体化	小批量生产试制工艺制造装备		0	30	60	90
		小批量试制冲压技术		5	30	60	90

7.1.2 汽车塑料模具——微发泡注射模具

轻量化与结构化是塑料及其复合材料发展的主要推动力，结构化前提下的轻量化主要有两个范畴：一是在可持续发展的要求下，工程塑料及其复合材料的应用等；二是工程塑料制品自身的轻量化和结构化。在结构化要求的基础上，工程塑料制品的轻量化手段不是薄壁化，而是发泡成型。发泡技术主要包括化学发泡（发泡剂）和物理发泡（惰性气体）。传统的化学发泡制品在生产和使用中的最大限制因素就是材料的泡孔尺寸大且不均匀，降低了产品的力学性能，易使材料变脆。目前，国际上研发的前沿是超临界微孔发泡注射成型技术。

微发泡注射成型是将超临界流体（Supercriical Fluid，SCF）状态的气体（CO_2 或 N_2）与塑料熔体在特殊的料筒混合后形成超临界熔体。由于超临界流体对温度和压力十分敏感的独特性质，注入模具后，由于热力学不稳定性瞬时形成大量气泡核，气泡长大成大小为 5 ～ 100 μm、泡孔密度为 10^9 ～ 10^{15}cells/cm^3 的微孔，形成独特的泡孔结构，最后模具冷却使微孔固化定型，成为微孔发泡注射制品（如图 7-6 所示）。

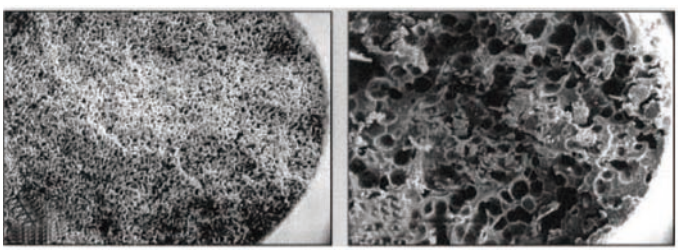


图 7-6 超临界微孔发泡（左）与传统发泡（右）产品的泡孔比较

微孔发泡注射过程可分为 4 个步骤：

（1）气体溶解　在注射机机筒的计量段，采用 SCF 的 CO_2 或 N_2 作为物理发泡剂适当方法溶解在聚合物熔体中，形成均匀的单一相聚合物/气体饱和溶液体系。

（2）均匀成核　在注射成型过程中，随着压力的释放，单一相熔体中的气体和聚合物熔体两相开始分离而成核。

（3）微孔长大　由于成核点外的气体浓度高于成核点内的气体浓度，这种浓度差使气体向成核点内进行扩散而微孔长大。

（4）产品成型　进一步冷却而产品成型。

微孔发泡注射成型是将材料、工艺和设备技术相结合的典范，与常规注射制品相比，微孔发泡注射成型技术突破了传统注射的诸多局限，超临界状态的 CO_2 或 N_2，具有对多数聚合物溶解性能好、黏度低、扩散系数大、临界温度接近常温、临界压力不高、无毒、不燃、化学惰性、无溶剂残留、价廉易得、使用安全、不污染环境等独特优点，符合当前绿色环保的要求。微孔发泡注射成型不需要在成型过程中施加保压，即可实现熔体的顺利填充，因而大大减小了产品的内应力，并保证了制品不同位置的平均收缩，可有效提高制品的尺寸稳定性，显著减轻了制品的重量，消除了飞边。与常规注射成型相比较，微发泡注射的技术特点及优势：①制品重量可以减少 10%～20%。②可以缩短注射周期 15%～40%，取决于产品及模具设计。③降低模内压力，延长模具寿命。④内部几乎没有残余应力，减少翘曲，提高尺寸稳定性。⑤与常规的注射制品相比，微发泡注射制品的平均成本可降低 16%～20%。微孔发泡注射成型工艺过程如图 7-7 所示。

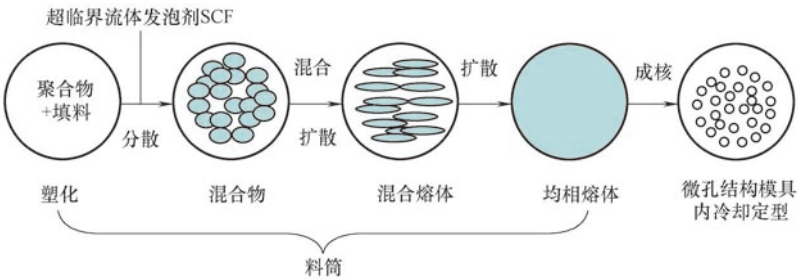


图 7-7　微孔发泡注射成型工艺过程

从超临界流体发泡概念的提出到现在，国际上已有 3 种商业化的超临界流体微发泡工艺问世，分别是 Mucell 工艺、Opifoam 工艺和 Ergocell 工艺。它们的主要区别是气体在注入塑料熔体的位置不同。Ergocell 技术是在聚合物塑化后，在

料筒和注射喷嘴之间安装一个额外的配件帮助气体注入聚合物熔体中。气体和聚合物熔体也是在该部件中混合均匀的。Opifoam 技术是用一个特殊的注射喷嘴将气体和聚合物熔体混合。Mucell 技术与上述两种技术的气体注射位置不同，其注气口在料筒的中间位置。

在这些超临界流体微发泡工艺中，rexel 公司的 Mucell 微发泡成型工艺表现得尤为突出，也是发展最快、应用最广泛的成型技术之一。1995 年，rexel 公司取得 MI 的独家专利后，率先开始了微发泡注射成型技术的产业化研究。rexel 公司的 Mucell 工艺要求注射机上安装特别的螺杆和机筒，螺杆采用了特殊的螺纹设计，螺筒有单向止回阀和开关式射嘴，在机筒前端的射出段形成一个密闭高压的区间，机筒里加装超临界流体注射器，外接超临界流体控制器。注射时，开关式喷嘴打开，单相熔体瞬间被注入模具型腔中开始发泡。2000 年，rexel 公司在芝加哥的国际塑料博览会上首次推出微发泡注射成型机的商业产品。与此同时，许多欧洲、日本和韩国等地的公司也一直致力于微发泡注射成型工艺的开发。

Ergocell 微孔发泡注射成型技术是德国 Demag Ergoechg 公司开发的。该技术在塑化料筒和注射机的喷嘴之间安装了一个附加部件，这个辅助装置由容纳发泡流体的区段、混合区段及附加的注射料槽组成。Ergocell 微孔发泡注射成型技术工作原理是：通过高压柱塞把超临界流体注入附加装置，经过其中的混合段后形成聚合物熔体 / 超临界流体均相体系；均相体系进入储料段后，由柱塞泵施加一定的压力防止熔体提前发泡，直至开始注射为止。由于柱塞泵的活塞移动速度可调节，可控制超临界流体的浓度，进而控制发泡的程度。但这种技术与双阶螺杆式微孔发泡注射技术类似，其整体设备结构较复杂。

Opifoam 微孔发泡注射成型技术由德国 Aachen 大学进行开发，瑞士 Sulzer Chenech 公司对其进行了商业化。与 Mucell 微孔发泡注射成型技术不同的是，微孔发泡注射成型技术采用一种特殊的烧结金属制造的鱼雷体喷嘴作为超临界流体计量的元件，其内部镶有烧结的多孔金属块，超临界流体直接从喷嘴注入，通过该金属块的小孔进入聚合物熔体内，经过后面的静态混合器使超临界流体和熔体在进入模具前混合均匀，形成均相体系，而后射入模具型腔进行发泡。

总的来说，对于已经商业化和目前正在研发的微化发泡注射成型技术，它们的主要技术区别在于超临界流体注入和计量方式的不同。目前应用最为广泛的是以 Mucell 微孔发泡注射成型技术为代表的使用往复式螺杆作为注入和计量元件

的超临界流体注入方式，该种方式的混合效果最好而且稳定。采用其他超临界流体注入和计量方式的微孔发泡注射成型技术尚不能达到该种效果，推广和应用范围较小。同时，业界也一直在继续研发新的、低价的、稳定性好的超临界流体微孔发泡注射成型技术。

在欧美汽车行业，微发泡技术的优点得到了验证，用户在提高产品质量的同时获取了更高的经济回报，为开发节能减排轻量化汽车，微发泡技术的应用更是首当其冲。美国约翰逊控制有限公司在 2009 年开始使用微孔发泡技术生产汽车门内饰板，与传统的实体注射相比，整个奔驰 E 级轿车车门内饰板成本降低了 50%。福特公司在新开发的 2012 款 Escape 车中，采用微发泡仪表板，锁模力减少了 45%，成型周期缩短 20%，消除了内应力导致的冷热变形，力学性能提升，重量减少超过 0.45kg，节省了原料，降低了能源。与普通注射成型相比，仅此项可以节省 3 美元。福特公司未来的汽车上全部使用发泡工艺来加工仪表板和其他零部件，致力于 2020 年将整车重量从 450kg 减到 338kg 左右。特别要指出的是，福特将 Mucell 工艺应用到内饰件如安全气囊等，赢得了美国塑料工程师协会（SPE）2011 年度汽车创新大奖的最高奖项。

微发泡注射成型技术的使用先从美国、欧洲开始，再延伸到日本及东南亚等地区，在商业设备、汽车部件、电子电器等产品中大批量生产使用。

目前超临界微孔发泡注射成型技术面临的挑战性问题：

（1）表面质量问题　注射成型时泡孔会跑到制品表面，而形成银纹和螺旋纹 —— 由于注射成型过程中在模具型腔的“喷泉”流动，使得泡孔被“喷”到模具表面，形成银纹或旋涡状流痕，更严重的还有表面起泡和爆破等。

流痕和银纹等缺陷的产生与流动过程中的“喷泉”模式和成型过程温度场的不均匀变化有关。在微孔发泡注射过程中，熔体中靠近模具表面的气泡破裂以后会溢出气体，如果在熔体冷却定型以前气体没有跑出型腔就会在制品的表面形成许多的沟槽，沟槽沿熔融物料流动方向呈细长形，呈现出旋涡状流痕。近年来，为了提高微孔发泡注射件的表面质量，拓展微孔发泡注射工艺的应用领域，很多学者作了大量的讨论和研究。如为了减少或者消除制品表面的漩涡状流痕，采用气体保压技术（又称反压技术）；有试验证明，快速循环加热（RHCM）技术亦可以显著提高微发泡制品的表面质量，但这些技术方案适用于面板类简单中小型模具，不适用于大型复杂制品。微孔发泡注射成型表面质量问题如图 7-8 所示。

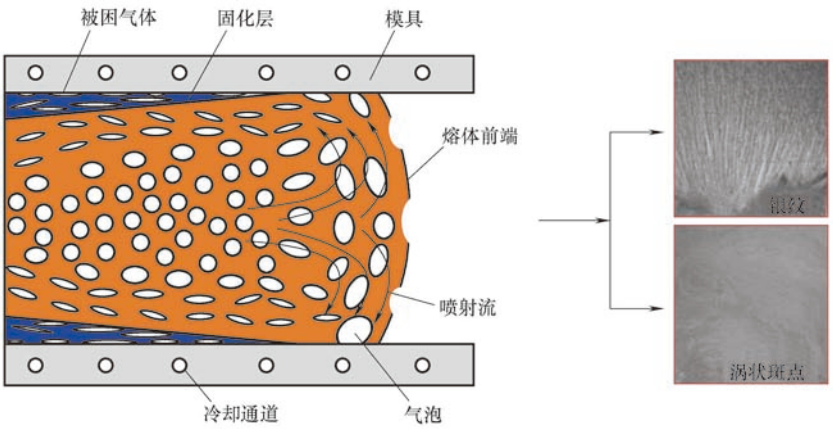


图 7-8　微孔发泡注射成型表面质量问题

起泡和爆裂缺陷出现的原因是注射件内部存在过热点。过热点产生的主要原因是制件冷却不够或冷却不均匀，模具冷却效果差，泡孔在注射件熔融的中心处持续长大造成的。所以，如何提高模具冷却效率是克服这些缺陷的关键。一般来说，在模具开发中，要合理设计模具的冷却水路，注意解决局部细节的冷却死角，针对由于制品形状形成的常规冷却无法到达的部位可以采用局部镶块的设计。同时，镶块选用 Be-Cu 材料，利用其热传导性加速热扩散，或者整个镶块采用 3D 打印等先进技术加工异形水路，实现快速和均匀冷却功效。

（2）发泡大小和均匀性问题　超临界流体进入模膛后，由于压力和温度的骤然变化，均相的流体开始充填，气泡边成核边长大（充填过程的泡核成长示意图如图 7-9 所示），可以看到，在流长方向上，泡孔的尺寸分布并不均一。

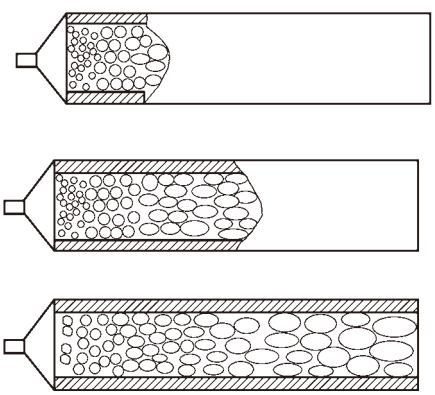


图 7-9　充填过程的泡核成长示意图

从模具设计的角度看，要控制泡孔的均匀性，浇注系统的设计非常重要。由于熔体的流动长度与发泡质量密切相关，流长比越小越有利于减重，有利于泡孔的生成，多采用多浇口短流长的设计，一般要求最大流长比（流动长度与厚度的比值）取普通注射的 70% ～ 80%。而流长比又直接与减重有关。流长比与减重见表 7-2。

表 7-2　流长比与减重

流长比 /（L/t）	典型的最大减重（%）
50:1	＞ 20
100:1	15 ～ 20
150:1	10 ～ 15
200:1	5 ～ 10

从成型工艺角度看，要控制泡孔的尺寸，可采用高压法来实现。所谓高压发泡工艺是通过在注射过程中给富气熔体施加高保压压力，可以使发泡气体重新溶入未完全冷却的塑料熔体中，当保压压力释放后，气体再次在熔体中成核长大。由于第二次发泡的熔体是在消除了剪切时和喷泉流动的影响后重新成核长大，可以形成更为均匀的微孔。

（3）模具设计中的排气问题　排气设计、超临界微孔发泡工艺是在低压下完成模具的充填和保压的，所以，很难将裹挟的气体全部排出模膛。而模具的排气不良会弱化微孔注射工艺的两大优势：一是增加了内应力，二是减重程度降低。

分模线处必须排出产品周边区域的 40% ～ 50%。故应增加排气口的尺寸或者在关键部位增加排气口。

1）分模线处的排气准则：①排气口的宽度应增加到 5 ～ 15.5mm。②排气口的深度应接近材料商为不发泡注射所建议的深度的最高值。③最后充填部位的排气口深度应增加 50% ～ 75%。④排气面的长度应最小化，如果有可能不应超过 0.5 ～ 1.0mm。⑤排气槽深 1 ～ 2mm。

2）非分模线处的排气准则：①浇道顶销：在脱模销上应留出 0.04mm 的间隙或 0.05mm 的细槽。②流道：每个换向处都应能排气，如果有可能，应靠近浇口。③凸台和深筋：如果深度超过厚度的 4 倍就要开设排气口。④排气顶出销：对于安装长度小于 3mm 的顶出销，销间的平面间距应为 0.05 ～ 0.1mm。

如果排气顶出销不能有效用于深筋部分，建议单独开孔，为筋底部排气。⑤滑块排气：侧向抽芯的深筋和凸台应在可能之处排气，利用排气销和中心销的间隙来排气。

（4）工业应用实例　宁海第一注射模具有限公司与郑州大学国家橡塑模具工程技术中心合作承担宁波市重点科技计划“超临界微孔发泡注射成型及模具关键技术研究”，解决了浇注系统设计、旋涡状流痕、银纹、表面起泡、爆裂等一系列技术问题。 其中“D2SC 汽车中央通道骨架微发泡模具开发”获得 2014 年度中国模具工业协会精模奖一等奖，“X253 汽车中控台微发泡模具开发”获得 2016 年度中国模具工业协会精模奖一等奖。汽车中央通道骨架微孔发泡制品如图 7-10 所示。

图 7-10　汽车中央通道骨架微孔发泡制品

中央通道骨架是典型的大型复杂汽车内饰结构件，特征呈框架状，成型的流动路径复杂，注射成型采用了多点针阀式热流道系统，根据微发泡工艺的成型机理，合理地设计了浇口位置和数量。同时，填充过程中，发泡质量与模具的温度和排气状况密切相关，通过微发泡成型要求的排气设计及工艺优化，针对性地解决了排气和冷却问题。制品的有效减重率为 10%，冲击强度提高 13.68%，改善制品翘曲变形 60% 以上，生产效率提高 20% ～ 30%。

目前，国内汽车行业推广微发泡工艺技术才刚刚起步，汽车企业和零部件供应商引进微发泡设备数量不多，对微发泡工艺研究较少，缺乏长期的经验积累和人才培养，因此，限制了微发泡工艺在关键零部件开发上的应用，与欧美汽车企业形成明显差距，急需针对大型精密汽车模具，重点开发微发泡精密成型工艺，以及泡孔尺寸和均匀性控制共性技术；重点开发模具温度控制共性技术和模具设计规范，解决微孔发泡表面质量根本性问题；重点开发成型过程模流分析和结构一体化仿真分析系无缝接口，能够实现微孔发泡注射（含纤维增强）制品静力结

构分析、冲击和疲劳分析等。

7.1.3 汽车压铸模具

7.1.3.1 概述

汽车压铸模具是获得高品质汽车压铸件不可或缺的重要生产装备，将直接决定汽车压铸件的最终品质。我国的压铸行业是一个新兴的行业，在 20 世纪 80 年代末，我国只有几家单位有 1 000t 以下的压铸机，压铸领域仅限于个别军工或大型国有企业，压铸行业非常落后，大部分压铸模具依赖进口。我国压铸模具企业的快速发展起步于 20 世纪 90 年代，从摩托车配件压铸模具开始，以在 280 ～ 800t 压铸机上使用的小型压铸模具为主，压铸模具企业无论是加工设备、检测设备等硬件，还是压铸软件、压铸人才等方面都处于初始阶段，模具制造水平相对较低。

进入 21 世纪后，随着我国汽车工业的快速发展，国内开始引进 1 000 ～ 1 600t 压铸机，其模具基本上都是随着设备一同引进。由于国外压铸模具价格较高，个别企业为了降低成本开始寻求国内能够复制汽车压铸模具的企业。国内部分重点铸造模具企业看准市场，积极应对挑战，加大了先进、大型装备的投入，购置了加工中心、三坐标检测仪等先进设备，以生产汽车支架、离合器、油底壳、手动变速器等中型压铸模具为主，带动了全国压铸模具企业的快速发展，模具制造水平以及制造能力大幅提升。进入“十二五”后，国内汽车行业以及相关的压铸企业纷纷购买 2 000 ～ 4 400t 大型压铸机，以生产汽车发动机缸体、自动变速器壳体、重型载货汽车变速器为主。我国的压铸模具开发周期显著缩短，生产水平都有了明显的提升，不但能满足国内大型、精密压铸模具的需要，还能向欧美等传统压铸模具强国出口。

7.1.3.2 市场需求及发展趋势预测

2016 年，我国压铸模具行业销售收入为 237.3 亿元，约占我国模具制造业销售收入的 9.8%。其中，汽车压铸模具以其要求严、品质高、数量大、品种多在压铸模具产业中占有 85% 的份额。

预计未来 10 年，内燃机汽车还会保持一定速度增长，新能源汽车会大幅增长，所以，汽车用压铸件需求数量仍会提高。汽车用压铸件如图 7-11 所示。

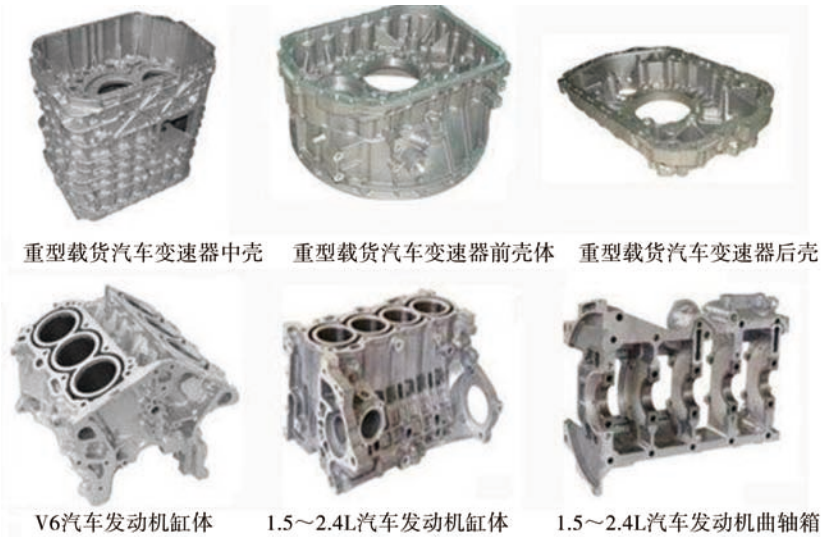


图 7-11　汽车用压铸件

另外，随着汽车轻量化和新能源汽车的快速发展，将会有更多的汽车压铸模具出现：

（1）乘用车车身结构件、底盘结构件以及内饰件高真空压铸　随着国家节能减排战略的实施，越来越多乘用车的大型薄壁复杂零部件系统集成将由传统的多件钣金焊接设计转为压铸一体化结构，如车门内板、仪表板骨架、中央控制台、前端散热器框架、减振塔、副车架等车身结构件和底盘结构件。

（2）商用车动力总成压铸模具　越来越多的商用车变速器壳体、离合器壳体等特大型动力总成零件将采用铝合金压铸来生产。

（3）电动车压铸模具　随着电动汽车的发展，越来越多的电动机壳、电动机控制器壳、充电机壳、电池下壳体等将成为压铸新的增长点，这将急剧增大对复杂、大型、精密压铸模的需求，压铸模具产业将获得前所未有的发展机遇。

因此，随着汽车轻量化和新能源汽车的快速发展，将带动铝合金汽车压铸件和压铸模具行业的快速发展。可以预测，未来几年，我国压铸型的生产仍将获得主要来自国内汽车工业的强劲推力。

7.1.3.3　关键技术

在未来 10 ～ 20 年的时间内，压铸模具技术发展需要解决关键技术主要有：

（1）CAD/CAM/CAE/CAPP 一体化技术

1）现状。计算机辅助设计（CAD）和辅助制造（CAM）已经开始普遍应用于压铸模具行业，但是，铸造过程的辅助分析（CAE）和辅助工艺过程设计（CAPP）才刚刚起步。

2）挑战。建立合理有效的铸造过程分析模型、边界条件及参数，是压铸模具热平衡、铸造过程充型和凝固模拟技术的关键。

3）目标。通过 CAD/CAM/CAE/CAPP 一体化技术在压铸模具中的应用，大大提高压铸模具的质量，缩短制造周期。

（2）压铸模具生产信息化和智能化技术

1）现状。压铸模具生产过程信息化和智能化还处于萌芽阶段。

2）挑战。压铸模具从订单开始，有效地通过网络化来组织生产和销售，是模具企业信息化面临的一个挑战。

3）目标。建立有效的压铸模具生产信息化管理系统，打造绿色制造的智慧工厂。

（3）高速精密数字化加工技术

1）现状。三轴数控加工、电火花加工和线切割技术已经广泛应用于模具加工，但高速五轴加工才刚刚起步。

2）挑战。亟须解决高速五轴加工设备的成本、稳定性问题，以及与之配套的编程和刀具问题。

3）目标。五轴高速加工、慢走丝线切割等先进技术普遍用于压铸模具加工，编程实现自动化，并实现自动配刀、自动换刀、自动找正等功能，模具精度和表面粗糙度大大提高，加工效率提高 3 倍以上。

（4）压铸模具高真空技术

1）现状。对分型面、顶杆、其他活动及漏气部分采用密封条或耐高温油脂对压铸模具进行密封，并通过真空阀抽真空的技术开始应用于大型复杂压铸模具。

2）挑战。亟须解决压铸模和压射系统的密封以及真空阀的控制问题。

3）目标。压铸模型腔中的真空度达到 50kPa 以上，压铸件含气量达到 1 ～ 3mL/100g，可进行 5T、6T 和 7T 热处理强化，并可进行焊接加工。

（5）高精密检测、光学扫描及在线检测检测技术

1）现状。三坐标检测在压铸模具行业广泛应用，光学扫描、在线检测在部分压铸模具企业刚开始应用。

2）挑战。三坐标检测、光学扫描以及在线检测设备的精度和价格，是影响推广的关键。

3）目标。大大提高压铸模具的尺寸精度和表面精度。

（6）3D 打印和逆向工程技术

1）现状。3D 打印仅用于分流锥等需要快速冷却的部位，逆向工程技术在压铸模具上还没有成熟的应用。

2）挑战。提高 3D 打印金属模具的致密性以及力学性能是关键。

3）目标。大大提高铸件和压铸模具的开发速度和开发质量。

（7）高寿命模具技术

1）现状。高档压铸模具钢严重依赖进口，大型压铸模具热处理工艺不完善，表面处理工艺不完善，导致国产大型压铸模具寿命低于进口模具。

2）挑战。开发出高性能的压铸模具用钢，开发出超大型压铸模具真空等温热处理设备和工艺，开发适合的压铸模具表面处理技术，是提高模具寿命的关键；同时，在模具制造和使用过程中，考虑到压铸模具的热平衡，提高压铸模具的制造精度，也有利于提高压铸模具的使用寿命。

3）目标。实现压铸模具、大型真空热处理设备和表面处理设备的国产化，压铸模具寿命与发达国家进口模具寿命相当。

7.1.4 汽车锻造模具

7.1.4.1 概述

锻造是一项古老的金属成形技术。人类在新石器时代末期，已开始以锤击天然铜来制造装饰品和小用品。我国在公元前 2000 多年已应用冷锻工艺制造工具，如甘肃齐家文化遗址出土的铜质器物就有明显的锤击痕迹。商代中期，用陨铁制造武器，采用了加热锻造工艺。春秋后期出现的块炼熟铁就是经过反复加热锻造成形的。进入现代以后，随着现代工业的发展，锻造技术也逐渐进步，从原始的手工锻造发展成机器锻造，从自由锻发展到模锻成形，形成了不同的细分锻造门类。

模锻是利用模具使毛坯变形而获得锻件的锻造方法，可以高效率、大批量地生产锻件，在汽车工业中应用最为广泛，因为适合于大批量生产，模锻在汽车工业中应用最为广泛。比如一般的商用车由车身、车厢、发动机、前桥、后桥、车架、变速器、传动轴、转向系统等 15 个部件构成，除了车身和车厢以冲压工艺成形为主以外，其他部件中都大量使用模锻件，汽车锻件的特点是外形复杂、工

况条件差、安全度要求高，如汽车发动机所使用的曲轴、连杆、凸轮轴、前桥所需的前梁、转向节、后桥使用的半轴、半轴套管、桥箱内的传动齿轮等等，大部分都是有关汽车安全运行的保安关键锻件。

我国汽车产量已连续几年保持世界第一，高速铁路、航空、航天等技术的发展也使得这些行业对模锻件生产的需求持续增加。与此对应，我国的模锻件生产规模已连续多年持续保持世界第一，这给锻模技术的持续发展提供了强大的市场推动力。从另一个角度出发，锻模技术的发展进步也助力了锻造技术水平和锻件质量的提高。

7.1.4.2 锻造工艺的特点及分类

锻造是金属塑性加工工艺的一种。利用金属的塑性使金属坯料在外力作用下产生塑性变形，从而获得所需形状尺寸和组织性能的制品的工艺称为金属塑性加工。在机械制造领域应用一般称为锻压，包括锻造、冲压两个主要类型。一般认为，锻造为体积成形技术，使用原材料多为金属棒材；冲压为平面成形技术，使用原材料为金属板材。随着技术的发展和专业领域的融合，轧钢和锻压的界限逐渐变得模糊，相互融合、相互渗透的趋势明显，甚至锻造和冲压也有相互融合的技术出现，如板料冲锻技术就将体积成形技术用到了板料上。

锻造是对金属坯料施加外力，使其产生塑性变形、改变尺寸、形状及改善性能，用以制造零件或毛坯的成形加工方法，是锻压（锻造与冲压）的两大组成部分之一。根据坯料变形时的流动方式和锻模的运动方式，锻造可分为自由锻、模锻两个大类（一般还将一些难以归属到这两类的成形工艺称为特种成形）。

模锻通过锻模模膛限制工件的变形，可加工形状复杂和尺寸精度较高的零件，适于大批量的生产，生产率也较高。大多数金属是将金属毛坯加热至高于材料再结晶温度后在热态下模锻的，因此，经常将模锻称为热模锻或者简称为热锻。钢的热锻一般在 800 ～ 1 250℃温度域内进行。除了热锻之外，还有冷锻、温锻工艺。冷锻在室温下进行，冷锻件尺寸精度高和表面粗糙度好。理论上钢的温锻温度范围是室温以上和再结晶温度以下，在生产实际中，钢在 700 ～ 800℃进行的锻造也称为温锻，这时加热产生的氧化皮较少，表面脱碳很少，因此，温锻件精度和表面质量较好。

根据锻模结构和锻件有无飞边，热模锻还可以分为闭式模锻和开式模锻。锻模上有容纳多余金属的飞边槽、模锻工序出现飞边的称为开式模锻，锻模上没有容纳多余金属的飞边槽、模锻工序不出现飞边的称为闭式模锻。但是，最常用的

分类方式是按照锻造设备分类，一般可分为螺旋压力机上模锻、热模锻压力机上模锻、锤上模锻、液压机上模锻和平锻机上模锻等。

我国每年的模锻件产量在 800 万 t 左右，其中汽车锻件占 80%。主要用于汽车的动力系统（发动机）和传动系统（变速器、传动轴等）。

7.1.4.3 锻模的基本类型与一般设计流程

锻模是锻造时使坯料成形所用的模具。锻模可根据锻造温度的不同分为热锻模、温锻模和冷锻模。在锻造工艺过程中还需要制坯模、切边冲孔模、校正模等，这些模具和装置也属于锻模类别。另外，模架也是锻造模具的不可分割的组成部分。锻模的基本分类见表 7-3。

表 7-3 锻模的基本分类

锻模	模具（锻模工作部分）	主要工序用	热锻模	锤锻模、螺旋压力机锻模、机械压力机锻模、平锻模、液压机锻模、热镦锻模等
			温锻模	
			冷锻模	包括冷镦模、冷挤压模等
		辅助工序用	锻前工序	辊锻模、楔横轧模等
			锻后工序	扭曲模、切边模、冲孔模、热校正模、冷精压模等
	模架（模具与设备连接部分）	无导向模架		
		有导向模架	导柱导套式	
			导锁式	

锻模设计的流程如图 7-12 所示。

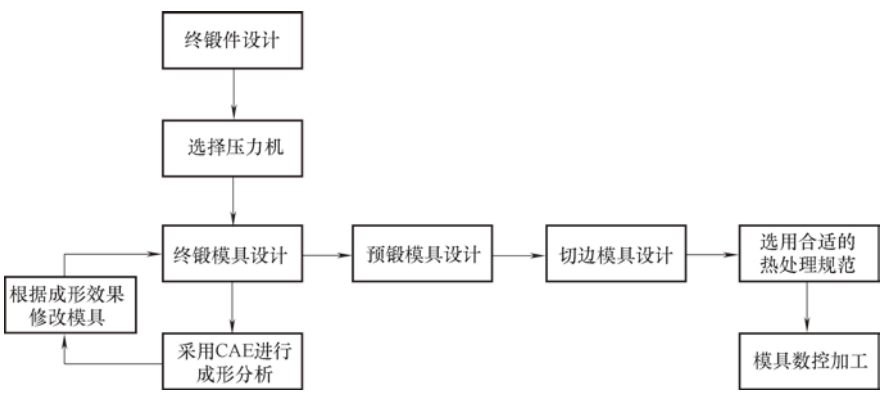


图 7-12 锻模设计流程

7.1.4.4 两种典型零件的锻模设计

1. CR350A 连杆辊锻模和锻模

CR350A 连杆锻件图如图 7-13 所示。采用机械压力机热模锻工艺，经过计算，连杆锻造所需成形力估算为 9 000kN，选用 1 0000kN 的热模锻压力机，工艺流程为：辊锻制坯、压扁、预锻和终锻，辊锻制坯根据生产线设备配置在 460mm 辊锻机上进行，压扁、预锻和终锻三道工序分别采用单独模块安装在模架上，在 10 000 kN 热模锻压力机上生产。

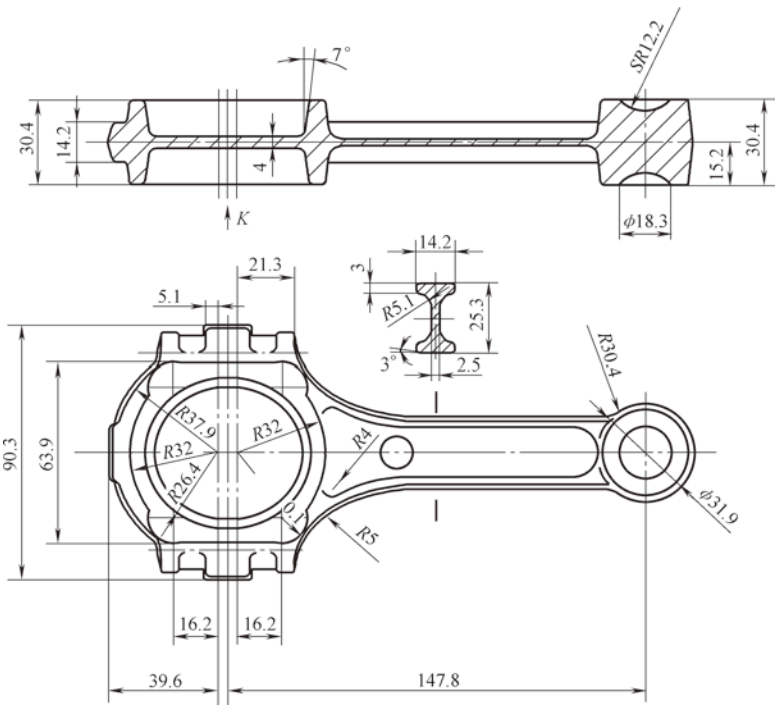


图 7-13 CR350A 连杆锻件图

辊锻工艺为连杆热模锻锻造工艺的制坯工序，根据锻件最大截面积计算得到坯料热尺寸为 ϕ45.7mm，依据锻件体积计算得到坯料长度为 110mm。经计算得到辊锻道次为 4 道次，辊锻型槽系采用椭—方—椭—方，辊锻工步图如图 7-14 所示。

ϕ45.7mm 的坯料可以在 370mm 和 460mm 辊锻机上实施，生产线配置的是 460mm 辊锻机，辊锻模设计选用 460mm 辊锻机的参数。经计算，辊锻扇形模的角度为 85°，CR350A 连杆辊锻模装配图如图 7-15 所示。

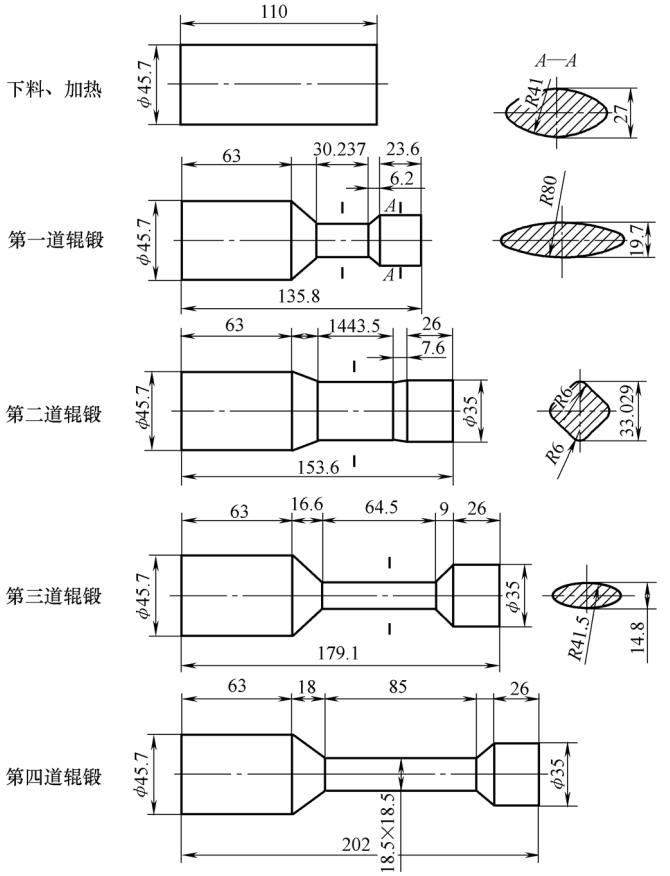


图 7-14　辊锻工步图

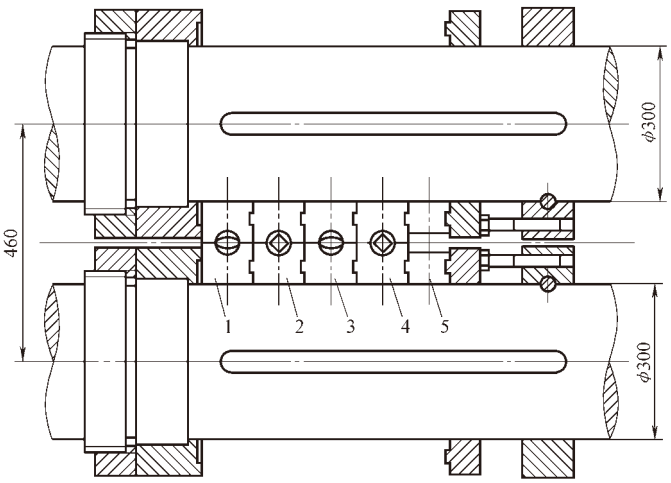
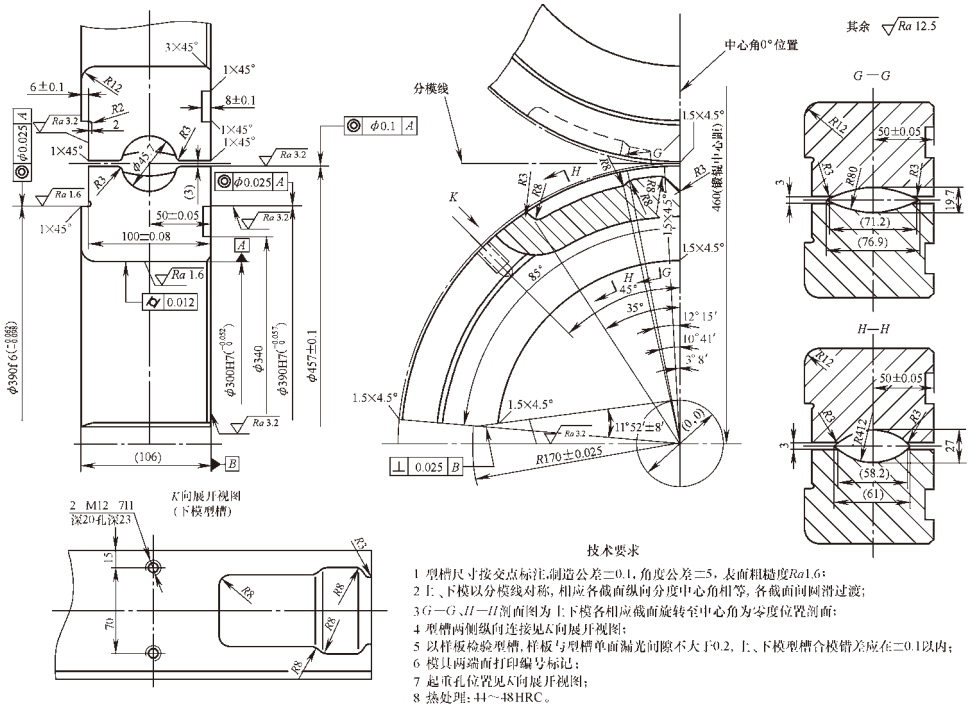


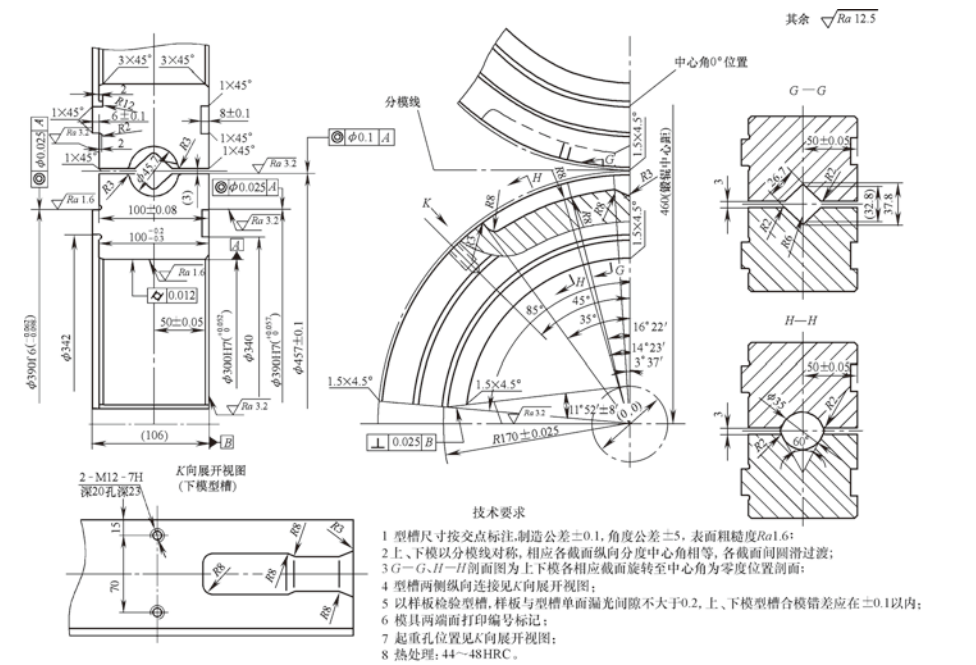
图 7-15　CR350A 连杆辊锻模装配图

1—第一道辊锻模　2—第二道辊锻模　3—第三道辊锻模　4—第四道辊锻模　5—定位块

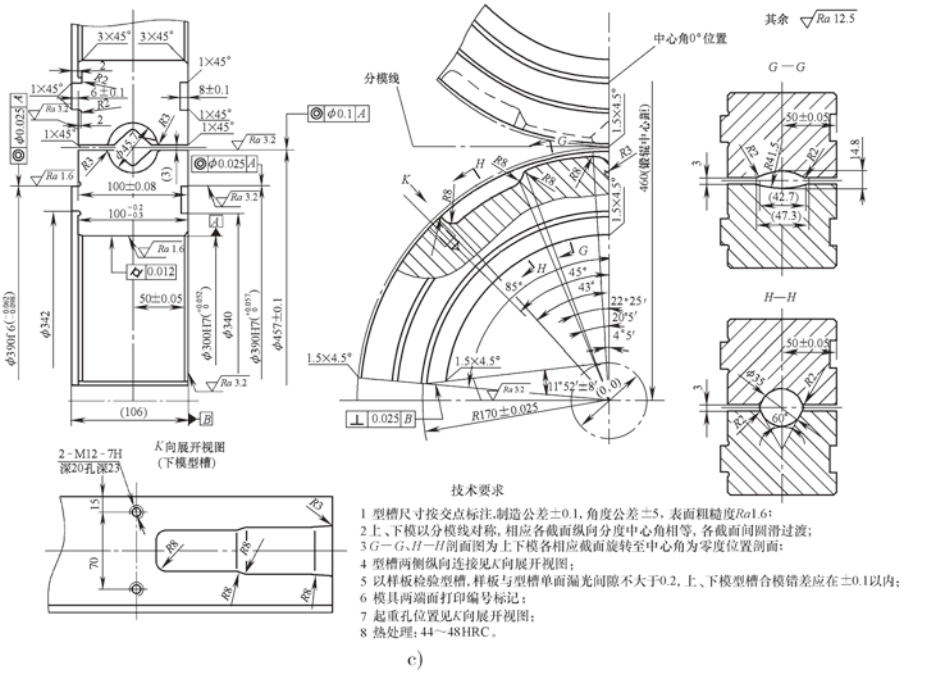
辊锻模结构尺寸按辊锻机规格选定，CR350A 辊锻模如图 7-16 所示。



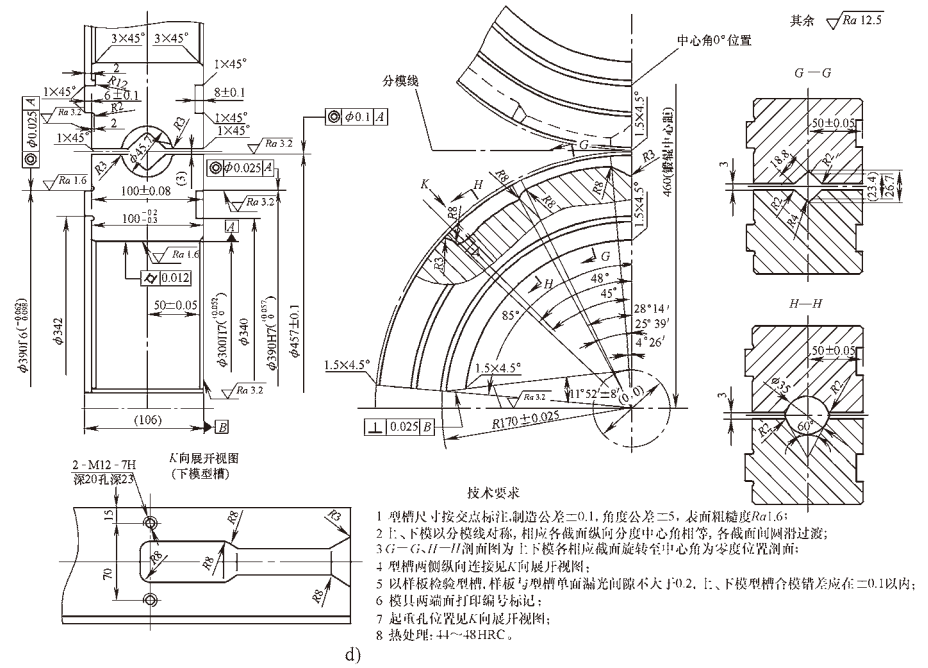
a)



b)



c)



d)

图 7-16 CR350A 辊锻模

a）第一道辊锻模 b）第二道辊锻模 c） 第三道辊锻模 d）第四道辊锻模

辊锻模材料选用 5CrNiMo，选用用钢锭锻制的辊锻模毛坯要求按 GB/T 11880—2008 的有关规定执行。

模架结构型式采用斜面定位模架，考虑到模具最小壁厚、飞边槽尺寸等因素，选用模块长度 L 为 320mm，宽度 B 为 170mm，厚度 H 为 140mm。

锻造工艺分压扁、预锻、终锻三道工序，每道工序模块宽度选定为 200mm。CR350A 连杆锻模装配图如图 7-17 所示，CR350A 连杆终锻模如图 7-18 所示。

根据标准 JB/T 8431-2017，模块材料选用 5CrNiMo，热处理硬度为 42 ～ 47 HRC。

模座材料采用 5CrNiMo，热处理硬度 26 ～ 32HRC。垫板材料采用 5CrNiMo，热处理硬度 42 ～ 47HRC。模架采用导柱导向，材料采用 20Cr，渗碳深度 1.0 ～ 1.5 mm，热处理硬度 56 ～ 62 HRC。模架导套采用组合式导套结构，导套外壳材料选用 45 钢，导套衬套材料为 ZQSn5-5-5，导套刮圈材料为 ZHMn58-2-2。

根据上述查得标准数据，设计出的 CR350A 连杆模架如图 7-19 所示。

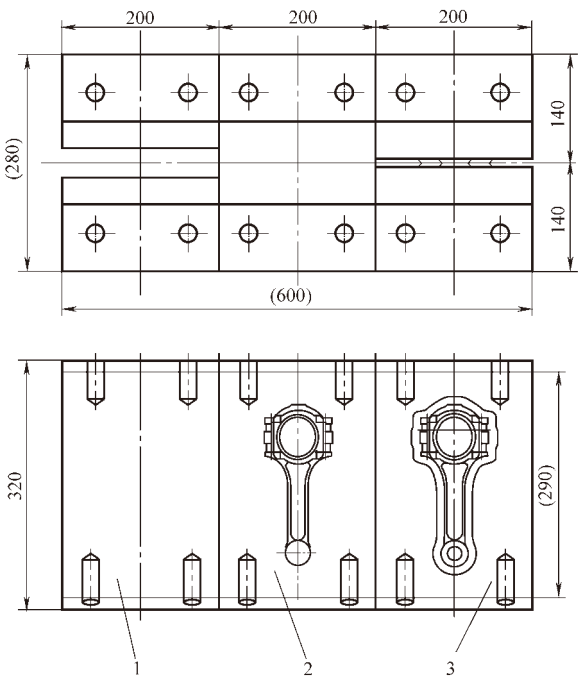


图 7-17　CR350A 连杆锻模装配图

1—压扁模　2—预锻模　3—终锻模

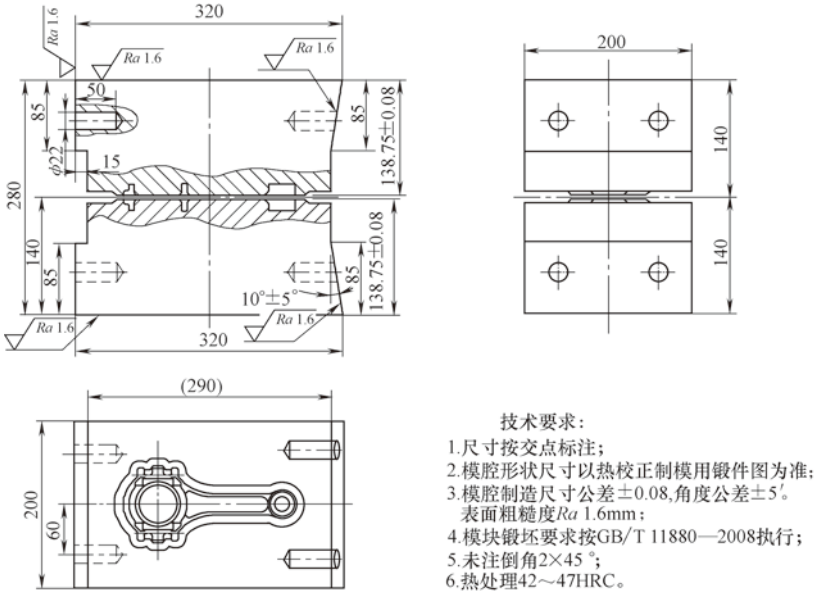


图 7-18　CR350A 连杆终锻模

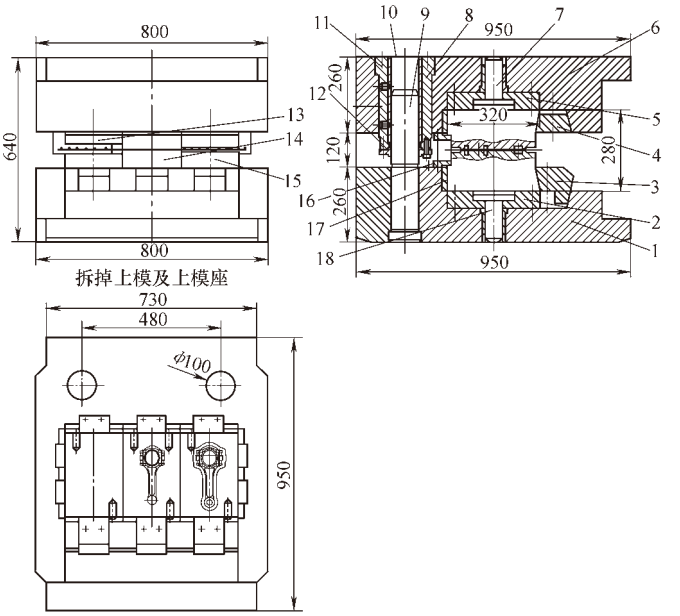


图 7-19　CR350A 连杆模架

1—下模座　2—下垫板　3—下压铁　4—上压铁　5—上垫板　6—上模座　7—上顶杆
8—导套外壳　9—导柱　10—盖板　11—导套衬套　12—导套刮圈　13—压扁模
14—预锻模　15—终锻模　16—压板　17—后垫板　18—下顶杆

2.G2500 曲轴锻模

G2500 曲轴锻件图如图 7-20 所示。采用机械压力机热模锻工艺，锻造所需成形力估算为 75MN，选用 80MN 的热模锻压力机，工艺流程为辊锻制坯、预锻和终锻三道工序，预锻和终锻工序采用单独模块。

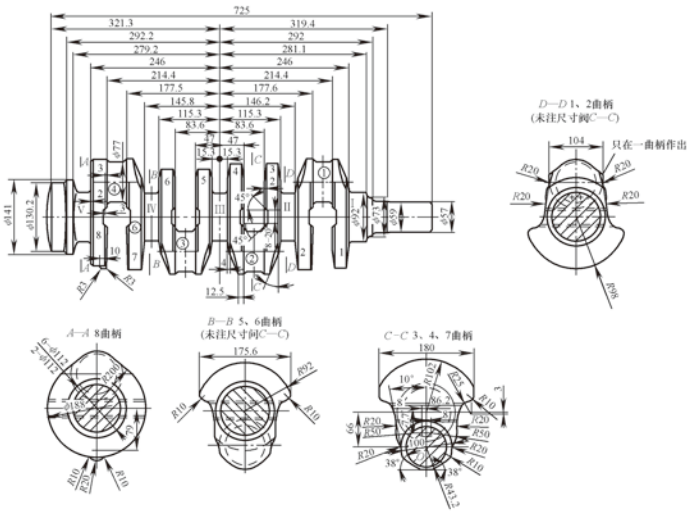


图 7-20　G2500 曲轴锻件图

曲轴锻模设计时，考虑模具最小壁厚、飞边槽尺寸等因素，计算得到模块长度 L 为 1 060mm，宽度 B 为 420mm，厚度 H 为 300mm。G2500 曲轴锻模装配图如图 7-21 所示，G2500 曲轴终锻模如图 7-22 所示，模具上起重孔的位置根据设计做了相应的调整。

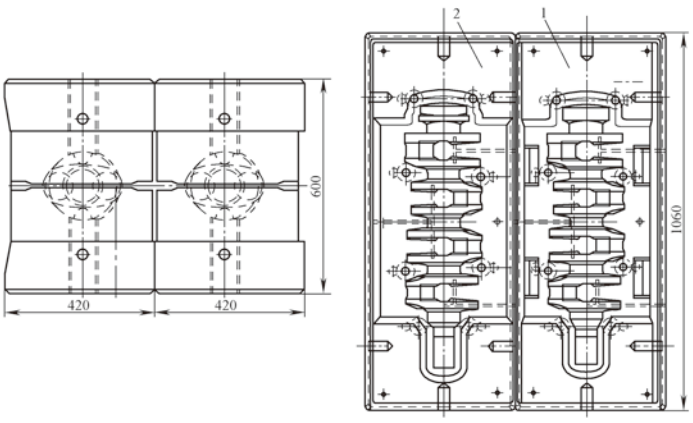


图 7-21　G2500 曲轴锻模装配图

1—预锻模　2—终锻模

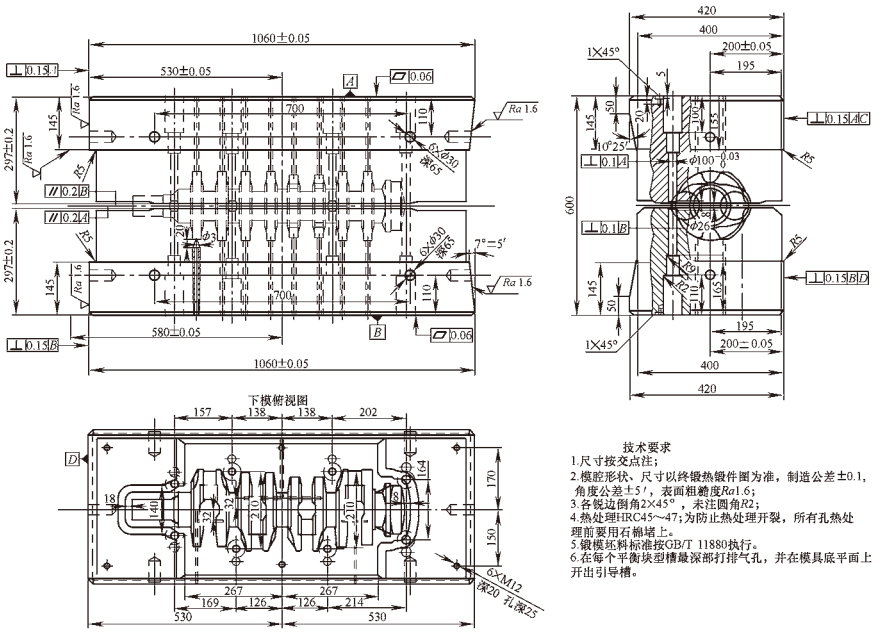


图 7-22　G2500 曲轴终锻模

模块材料选用 5CrNiMo，热处理硬度为 42 ～ 47 HRC。

3. 新型锻造模架结构和快换

锻造模架的设计主要遵循的技术要求：

1）能够良好地实现顶出功能。

2）长期使用不会产生模架断裂。

3）保证导向精准。

4）结构简单。

5）拆卸方便。

6）能够实现快速换模。

如图 7-23 为一种 63MN 热模锻压力机通用模架，该模架分为主副模架。主模架安装在压力机滑块及工作垫板上，长期不拆卸。主模架内部集成了锁紧液压缸，液压缸可以保证在锻造过程中锁紧副模座，在更换产品时，通过换模车拉出副模座从而实现快速换模，如图 7-24 所示。该套模架在保证了导向精度及各种功能性要求的同时，减轻了工人装模的劳动强度，并节省了模架安装的时间。

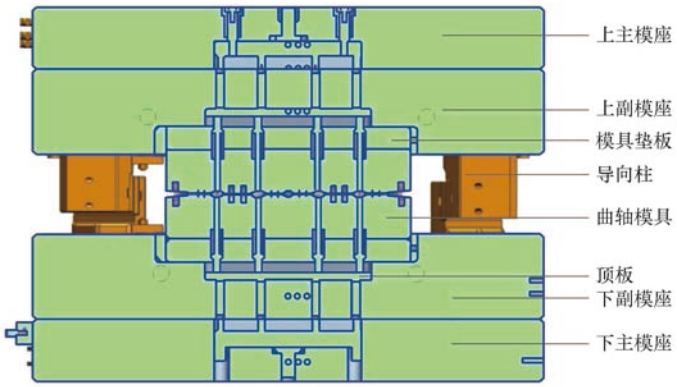


图 7-23　63MN 热模锻压力机通用模架

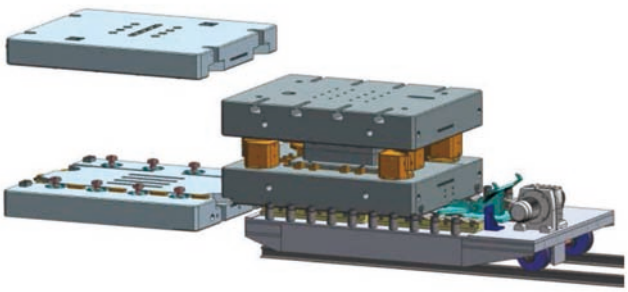


图 7-24　快速换模示意图

（1）通用模架的设计　锻造用通用模架的设计，需要注意以下几点：

1）要满足锻造功能，保证在长时间锻造过程中顶出系统不会出现卡死及导向精准等功能，在依据经验的前提下，例如尽可能选用弹力更大的复位弹簧及各个系统合适的公差尺寸。

2）模架属于大型锻件，在锻造大型锻件时经常产生锁孔、疏松、气泡、夹杂物等，要尽量采用合适的锻造工艺及热处理工序，尽量使模架的中心承力区域远离大型锻件的中心部位，并通过超声波检测、金相实验等手段检测锻件杂质水平，不合格的锻件回炉重炼。

3）模架机加工及装配时，要保证模架的平面度、垂直度、表面粗糙度等技术指标符合要求。导向系统要用数控加工中心精确走刀，并保证上下导向柱间隙最小。

（2）模架断裂的原因　模架断裂的情况时有发生，究其原因，大概有以下几点：

1）锻造工艺设计不合理，导致应力集中明显。

2）现场操作不当导致模架损毁。

3）模架结构设计不合理。例如中心承力区域压强过高，在设计模架时要通过计算面压或者有限元模拟优化方案。

4）模架使用次数过长有可能发生疲劳断裂，为防止其发生疲劳断裂，需要从材料及结构方面入手，减少杂质及优化结构来减少疲劳断裂的可能性。

5）工厂工作环境恶劣，铁屑及石墨会黏附模架，一是造成其腐蚀，二是改变了原有的表面状况，从而容易发生失效问题。

6）模架长期使用后会发生疲劳变形，因此，需要定期对模架进行维修，保证受力区域不变小。

7.1.4.5 国内锻模行业的近期特点

（1）模具加工装备水平明显提高　随着机床行业的迅速发展，一些高精尖机床从原来专用于电子军工、航空航天等行业开始向机械行业扩展应用。表现在锻模加工行业最明显的例子是，在模具型腔的加工时，电火花机床加工的用量在减少，越来越多的锻模加工厂（或车间）采用高速铣削的方式直接加工经过热处理后具有高硬度的模膛，提高了效率和精度。对普通热锻模而言，由于其硬度不是特别高，在普通转速的加工中心上配用特殊刀具，也可以实现锻模的加工。另外，诸如锻模真空热处理技术应用逐渐广泛，这也有利于锻模整体加工水平的提高。

（2）锻模堆焊修复技术已经得到广泛使用　由于焊接材料和焊接工艺技术的进步，锻模模膛的焊接修复技术已经在锻模行业得到广泛应用，焊接修复模具有取代传统落面修复的趋势。焊接修复的模具修复后，模具的寿命有时还高于修复前的模具寿命。由于焊条的成本比较高，焊接修复的效率还比较低，成本比较高。因此，从降低成本角度考虑，电火花加工型腔技术还有一定的应用。

（3）在拉平与世界先进水平差距的同时创造出独具特色的锻模技术　锻模行业的发展使得国内先进厂家的模具水平已经拉平与世界先进水平的差距。比如以前依赖于国外进口的一些高精度冷锻模具，现在国内已经可以自行制造，其技术水平与国外相当。与此同时，国内还自行研发了一些具有特色的工艺与模具技术，如北京机电研究所开发的汽车前轴精密辊锻和预成形辊锻技术，在国内自行开发研制的 1 000mm 加强型辊锻机上，将前轴辊锻成达到或接近锻件最终形状，这种技术需要大型复杂辊锻模具的加工制造技术来支撑。经过多年的摸索，汽车前轴精密辊锻模具技术已经成熟，现已广泛应用于汽车前轴锻件生产。这种有特

色的锻模技术属中国首创，国外还不掌握。

（4）锻模生产能力在迅速扩大，适应了模锻行业的快速扩张　最近几年是锻造的快速发展时期，在中小型锻件的生产上，螺旋压力机成为主要的锻造设备，在国内中小型锻造厂得到了广泛应用。近年来，电动螺旋压力机已经取代摩擦螺旋压力机，成为锻造厂家优选的锻压设备。在中大型模锻件的自动化生产领域，热模锻压力机显示出了优势，近几年建成或正在建设中的 80MN 以上的热模锻生产线就有十几条。如中国重汽铸锻中心锻造厂引进的 80MN、125MN 热模锻压力机自动化生产线，桂林福达重工锻造有限公司近年来建成的 80MN、125MN、140MN 热模锻压力机生产线等。随着锻件产能的提高，国内锻造模具行业的生产能力也迅速扩大，适应了锻模行业的快速扩张。

（5）专业化锻模工厂还不多　由于设计、制造、使用、修复、翻新密切关联，锻模大部分由锻造企业自己制造使用，一般小型锻造企业自己建有锻模车间，大型锻造企业建有模具分厂。随着经济的发展和产业分工的细化，专业化的锻模制造企业将逐渐增多，专业化更有利于降低成本和提高技术水平，目前国内冲模、塑料模、橡胶模等行业已经在市场竞争中形成了不少专业模具生产厂家。专业化锻模厂的特点应该具有明显设计、加工、调试的技术优势，与特定锻造厂密切结合，最好占有地缘优势，以便服务响应迅速。

（6）设计人员和模具技术工人短缺　锻造行业的快速发展使得对锻造工艺人员和高水平的模具技术工人需求激增，但是，相关人力资源明显不足，造成有经验的锻模设计人员和模具技术工人短缺。由于大学专业设置的变化，工厂人才培养机制的不健全，这一现象将会持续一段时间。大型国有企业的人才状况要明显好于民营中小企业。

7.1.4.6　有关锻模的若干关键技术及发展趋势

（1）锻模 CAD/CAM/CAE 一体化技术及信息化技术　国内冲模、塑料模、橡胶模等行业使用 CAD/CAM/CAE 一体化技术及信息化技术水平较高，相比之下锻模行业这部分技术水平还比较低。目前，国内锻模行业 CAD/CAM 技术已广泛应用，CAD/CAM/CAE 一体化技术应用还较少，锻模信息化技术鲜有使用。CAD/CAM/CAE 软件大部分来自国外，价格昂贵，使用不便。成形过程数值模拟技术的开发和应用尚需突破。

预测未来锻模行业将会普遍采用 CAD/CAM/CAE 一体化技术，用精确化成形过程数值模拟替代或者部分替代传统工艺调试，有可能开发出具有自主知识产

权的锻模 CAD/CAM/CAE 软件，促进集成 PDM、ERP、MES 系统与 Interne 平台的锻模信息化网络技术广泛使用。

（2）锻模延寿技术　目前锻模寿命较低，估计全行业平均锻模模具寿命：热锻模 6 000 件、温锻模 4 000 件、冷锻模 10 000 件。主要是因为国内模具材料技术水平还不高，对热处理和表面处理技术重视程度不够，缺乏针对不同工艺条件下的模具润滑技术的细致研究。

预测未来锻模将普遍采用真空热处理技术，按需要采用渗氮、CVC（化学气相沉积）、PVC（物理气相沉积）等表面处理技术。热锻模采用高强高韧性耐热合金，依据变形材料、工艺、变形条件不同使用专门的润滑剂，目标模具寿命 1 万～ 2 万件；温锻模使用专用温锻模具材料，专用温锻润滑剂，目标模具寿命 0.8-1 万件。冷锻模采用硬质合金甚至高韧性工业陶瓷制造，使用无公害绿色润滑剂，目标寿命 5 万～ 10 万件。

（3） 高速、高效、高精度锻模加工技术　目前，还有不少锻模企业使用数控电火花加工加工模具模膛，工序长、精度较低。一部分企业已经开始使用转速在 12 000r/min 以上的高速加工中心加工模膛，取得了较好的经济效益。随着锻件精度要求的提高，要求锻造模具尺寸精度高，表面质量好，硬度高。

预测未来高速加工将会得到越来越广泛的应用，国内有可能开发出主轴转速 30 000r/min 以上的专用模具高速加工中心，所锻模工作部分尺寸精度 I5 级，表面粗糙度为 0.2 μ m，可加工硬度 60HRC 以上。

（4）锻模快修及再制造技术　模锻工艺的特点是在生产过程中锻造模具消耗量大，因此应该推广锻模快修及再制造技术，使模具材料消耗大幅度减少，降低锻件生产成本，实现绿色生产。锻模快修技术包括模具局部缺陷的修复、模膛整体尺寸精度的恢复。局部缺陷一般视情况采用打磨或局部焊接的方式进行，模膛整体尺寸精度的恢复一般采用小进给量整体加工的方法完成。为了保证锻件的高品质，模具快修十分必要。

模具的再制造技术包括模具工作部分再制造和一些辅助零件的回用。目前，模块一般采用堆焊后再加工的方式实现再制造，堆焊一般要经过较长时间的预热，模具的原模膛扩大后将全部空间焊满后再重新加工模膛，这样会造成焊接材料的浪费，加工时间的延长，刀具费用的增加。采用数控立体焊接技术可以有效地防止以上缺点的产生，应该加强这方面技术与装备的开发研究，并且推广应用。

（5）精密多功能数控有动力锻造模架技术　模架连接设备和模具工作部分，对锻件质量的影响举足轻重。目前，锻模模架以导柱导套式为主，导轨式模架开始使用，一般没有采用自动夹紧装置。传统模架功能单一，导向精度差，模架无动力，无液压系统，无控制系统，不能快速换模。

预测未来发展目标：导轨式模架逐渐替代导柱导套式模架并逐渐发展成为带自动润滑的导轨式模架，导向精确，抗偏载能力强。普遍采用液压自动夹紧装置，快换副模架结构，可实现模具的快速更换。自带液压系统，有独立的控制系统，可以实现按时序顶料、飞边托举等功能，有利于自动化的实现。

（6）精密化与复合化的辅助工序锻模技术　目前，热锻生产线中还有不少生产线采用空气锤制坯，辊锻模、楔横轧模使用不多，辊锻工艺多为制坯辊锻，辊锻模寿命 2 万件左右。大部分锻造厂冲孔、切边模和热校正模分工序、分设备进行，工件经历变形—校正过程。冷精压模主要为平面精压，以矫正工件变形为主。

传统的自由锻制坯形式效率低、能耗大、制坯精度低。辊锻模、楔横轧模在轴类件制坯工序中广泛使用，辊锻工艺向预成形辊锻发展，辊锻模寿命 5 万～ 10 万件。冲孔、切边模、热校正模分工序分设备进行使生产流程长、操作人员多、锻件质量低。冲孔、切边、热校正等工序在一台设备上以复合模的方式完成，工件无变形。平面冷精压不能提高锻件精度。冷精压模采用体积精压，提高锻件精度 1 ～ 2 级。

展望未来，锻模的主要技术发展方向是提高模具的设计水平，采用新型模具材料，使用高效高精度加工手段，以期在模具高寿命的状态下实现锻件的高精度。随着我国制造业整体水平的提高，在未来 10 ～ 20 年，我国锻模技术将达到国际先进水平，部分有创新性与独特性的技术将达到国际领先水平。

7.1.5　汽车轮胎模具

7.1.5.1　概述

（1）汽车轮胎　汽车轮胎是汽车的重要部件之一，它的功能是承受汽车的重量并和汽车悬架共同来缓和汽车行驶时所受到的冲击，保证汽车有良好的乘坐舒适性和行驶平顺性；保证车轮和路面有良好的附着性，从而提高汽车的牵引性、制动性和通过性。轮胎是现代汽车的重要基础。

橡胶轮胎的出现为汽车工业的发展提供了先决条件，而橡胶硫化技术的发现及由此导致的高弹性硬化橡胶的诞生和充气轮胎在汽车上广泛应用，推动了橡胶轮胎制造业的发展。汽车轮胎按车种不同分为：轿车轮胎（PC）、轻型载货汽车

轮胎（L）、载货汽车及大客车轮胎（B）、农用车轮胎（AG）、工程车轮胎（OR）、工业用车轮胎（ID）、航空用轮胎（AC）、摩托车轮胎（MC）八类。按花纹类型分类有直沟花纹（或普通花纹）、横沟花纹、纵横沟花纹、泥雪地花纹和越野花纹等。

随着汽车工业的发展，轮胎技术一直不断地进行改进与提高。如 20 世纪前 10 年，轮胎胎面花纹的出现，提高了轮胎的使用性能；20 世纪 20 年代初至 30 年代中期，轮胎由低压轮胎过渡到超低压轮胎，以保证轮胎可以获得更好的缓冲性能；20 世纪 40 年代，轮胎逐步向宽轮辋过渡；20 世纪 40 年代末，无内胎轮胎的出现和 50 年代末低断面轮胎问世等，提高了轮胎的使用寿命、行驶性能、安全性能、舒适性能和经济性能。1946 年，法国米其林公司首创的子午线结构轮胎，由于使用寿命和使用性能的显著提高，特别是在行驶中可以节省燃料，而被誉为轮胎工业的革命。

轮胎的发展总趋势是“三化”，即子午线化、无内胎化、低断面化。轿车轮胎已实现了这“三化”，货车轮胎正在向这个方向发展。普利司通轮胎结构如图 7-25 所示。

图 7-25　普利司通轮胎结构

（2）轮胎模具　轮胎模具是用于硫化成型各类轮胎的重要装备。轮胎模具在高温、高压、腐蚀性环境中做重复性精密开合运动，从而完成橡胶轮胎的精密成型。橡胶轮胎模具类别主要有：①活络模具，由花纹圈、模套、上下侧板组成。活络模具区分圆锥面导向活络模具（模具开合驱动导向面呈内圆锥结构）及斜平面导向活络模具（模具开合驱动导向面由若干斜面组成）。②两半模具，由上模、下模两片组成。子午线轮胎硫化成型基本上使用活络模具。斜平面导向活络模具

如图 7-26 所示。

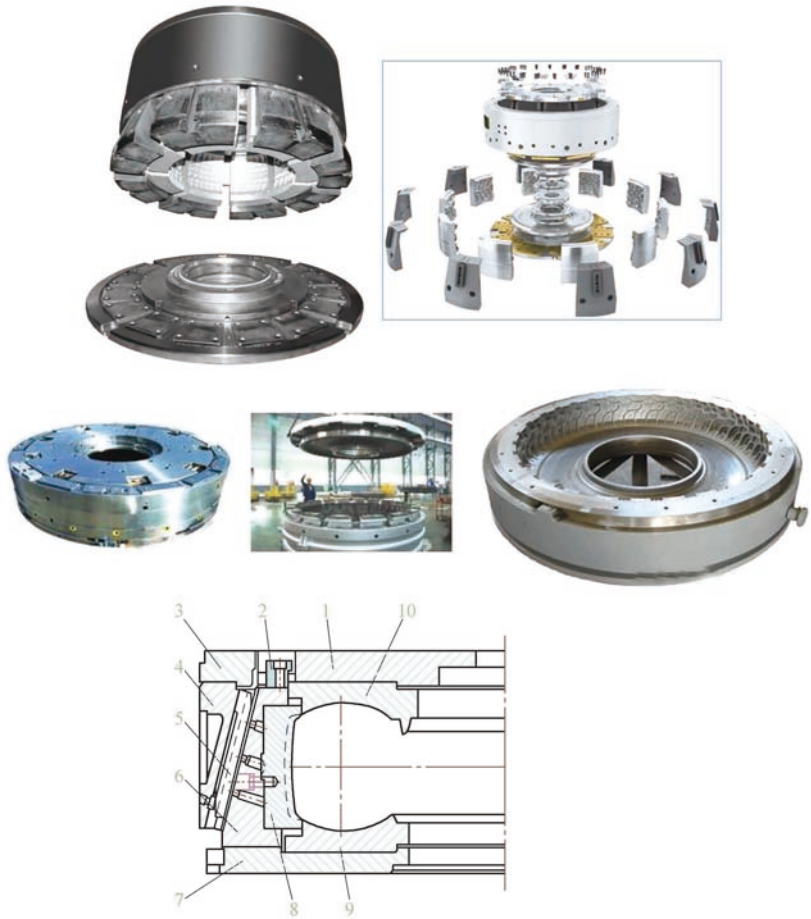


图 7-26　斜平面导向活络模具

1- 上盖　2-T 形滑块　3- 吊环　4- 中模套　5- 导向条　6- 滑块
7- 底板　8- 花纹块　9- 下胎侧板　10- 上胎侧板

轮胎模具的设计制造是一门综合型学科，涵盖了基础材料、铸造技术、数字化设计和精密加工技术及智能装备等诸多高新技术领域，也是技术密集、装备密集、资金密集和人才密集型行业。汽车轮胎模具的制造技术要求高，使用量大，对轮胎行业发展具有巨大的促进作用。同时，作为汽车产业链中的重要的组成部分，在《中国制造 2025》中拥有重要的位置。

7.1.5.2　我国汽车轮胎模具发展现状

30 年来，我国轮胎模具技术发展迅速，模具产品从斜交胎两半模到子午线

轮胎活络模；模具设计从 CAD、CAM 到 CAD/CAM/CAE 一体化；模具材料从铸钢到锻钢，再到合金钢、精密铸造铝合金等，加工工艺从手工仿形加工到机械化再到高速切削、五轴数控加工和专机加工，走出了一条从“引进、跟踪”到“自主研发”的技术创新道路。依托国家政策，我国轮胎模具行业走出了一条依靠技术创新实现产业转型突破的新模式。“十二五”以来，我国轮胎模具工业的技术水平取得了长足的进步，在国家创新区发展和“中国制造 2025”战略指引下，正在从参与轮胎设计与研发，逐步发展成为轮胎模具整体解决方案提供商，不仅在轮胎模具关键技术领域拥有了大量自主知识产权，而且在轮胎模具标准制定等方面的国际话语权也在逐渐提高。

我国轮胎模具工业起步较晚，但发展迅速。1987 年，沈阳模具厂引进德国 AZ 的活络模具全套技术和设备，开创了我国自主生产轮胎活络模具的历史。目前，国内生产汽车轮胎模具的企业达到 100 多家（主要集中在我国东部沿海省份，以山东、广东、安徽、江苏等地为主），模具生产能力超过 50 亿元（其中销售收入在 3 亿元以上的有 3 家：山东的豪迈机械科技股份有限公司、广东的巨轮智能装备股份有限公司和广东天阳模具有限公司），我国已经成为世界上最大的轮胎模具生产国。我国轮胎模具产业的发展不仅基本满足了我国国内轮胎企业（包括外资轮胎企业）对模具的需求，而且具备了批量出口能力，其中山东豪迈机械科技股份有限公司 2015 年的轮胎模具销售量已经达到国际市场的 25%，出口额占全国同类产品出口总额的 90% 以上。目前，我国已经成为世界轮胎模具生产和出口大国，实现了我国轮胎模具产业的“由小到大”转型。

7.1.5.3 我国汽车轮胎模具研究与发展

汽车工业的繁荣，高速公路的快速发展，人们在安全、舒适等理念方面的提升，都对轮胎及其模具提出了越来越高的要求。市场需求决定技术的研究方向，汽车轮胎模具的发展同样如此。

（1）新工艺和新技术的推广和应用，使传统产业催生新活力，全新的轮胎模具开始出现　轮胎模具需要在高温、高压、腐蚀性条件下连续、重复工作，如何保证模具精度，保证模具持久性能，进而提高轮胎产业链的综合效益，一直是世界各国轮胎科技工作者的主攻课题之一。近几年，实力雄厚的模具厂和轮胎公司都在进行新工艺和新技术的探索。

1）模具表面强化技术。模具部件与轮胎胎坯接触的表面，要求耐磨、耐腐蚀、抗黏合；模具各滑动零部件，要求高硬度、高强度、耐腐蚀。通过表面强化处理

技术可以在保证零件基体性能的情况下达到这些要求。目前，电镀、特氟龙等表面处理技术因工艺落后、处理后的工件缺陷严重、处理后的使用寿命短以及不符合国家环保政策等因素，正在逐渐被淘汰，业内正在探索如表面喷涂碳化钨、物理气相沉积氮化铬以及阳极氧化、表面纳米化处理等新技术。

2）新技术在轮胎模具上的应用发展迅速。3D 打印快速成型技术可以实现原来传统加工手段无法完成的设计，如 3D 钢片、特殊花纹的直接打印，不仅给轮胎的设计带来更多的选择，实现轮胎的特殊性能，还可以在模具材料的使用上有更多的尝试。激光雕刻技术实现了传统加工手段无法完成的微细加工，达到了轮胎的时尚性要求。激光清洗、激光熔覆等新技术在轮胎模具上的应用也会越来越广泛。

3）模具加工装备的升级换代，新的加工工艺方法的出现，使轮胎模具结构、性能更加优良。传统模具采用普通气孔套排气，在轮胎表面形成胶毛，影响外观质量和使用性能。而新型无气孔模具采用缝隙式排气设计，可以实现排气不排胶的理想效果，实现高端轮胎的精益制造。当然，高精度的模具加工，必须有与其相适应的装备，国际先进的轮胎模具生产企业都把不断提升生产设备水平作为发展和投资的重点方向，专用的轮胎模具加工中心、车床、铣床、电火花成形机、刻字机等精密高速数控加工设备都在不断更新换代，新的检测设备层出不穷。近几年，高档轮胎模具的加工设备已开始大量使用国内自主研发的专用高端装备，甚至研发成功了排气孔的专用加工装备。

4）轮胎行业的变革，一些新型概念轮胎的出现，对轮胎模具提出了全新的要求，也对行业发展提出了新的挑战。比如免充气轮胎、实心轮胎、轻量化轮胎等，促使轮胎模具行业去研究开发全新的轮胎模具及其制造技术。

（2）探索新材料的应用和推广，探索新结构模具的设计，促使轮胎模具向高效节能方向发展　为了降低轮胎生产的能量消耗，轮胎行业对模具材料的传热效率以及模具的生产稳定性提出了更高的要求。首先，在行业普遍应用的铝合金模具材料中添加稀土元素，并对各种元素与稀土含量的关系进行研究，研制出满足模具工况要求及铸造要求的最佳合金成分。开发适用于高端轮胎模具的新材料，既要具备良好的导热性能，也要具备良好的易脱模性。其次，综合运用新材料和新结构技术提高轮胎模具的适用性，满足产业链环保绿色、高效节能的需要。

（3）工业化和信息化深度融合，智能制造将成为轮胎模具行业发展的主旋律　轮胎模具全生命周期的管理技术，将是行业智能制造技术发展的大趋势。轮

胎模具全生命周期管理的基本要求是解决轮胎模具行业生产经营管理的标准化、自动化和信息化问题。

采用轮胎模具 CAD/CAE/CAM 技术，建立轮胎模具及部件的三维设计知识库、工艺知识库、编程知识库，依据产品特征，通过人机交互智能生成产品三维设计模型、工艺文件及加工程序文件，实现快速、智能化设计、工艺及编程和加工；并对轮胎模具模型进行 CAE 分析，依据分析结果优化产品设计方案，实时采集制造过程的工艺信息、能耗信息及质量信息，并进行大数据分析、对比，提出工艺优化方案及编程优化方案，使工艺知识库及编程知识库实时更新。

在这个过程中，也同时实现了模具零部件的标准化设计和标准化生产，实现零部件的互换性。

在模具生产的流程管理方面，首先在局部的工序上实现数字化、智能化生产，然后搭建智能车间，进而实现智能工厂，这应该是一条切实可行的技术路线。

（4）顺应节能环保的国家政策，积极发展绿色制造　在绿色制造工程和体系的指引下，以工厂运营绿色化、工艺流程绿色化、关键技术绿色化、重点装备绿色化、原材料绿色化为绿色升级方向，围绕“人、机、料、法、环”的生产经营要素，进一步降低能源、水、人力、物料和工具的消耗和投入，提高绿色产品产出。

在业内已经有越来越多的企业推行清洁生产，进行绿色工厂自我评价及第三方评价；推广轮胎模具再制造，通过对废旧轮胎模具进行回收、重新再制造，实现循环再利用。

在模具的设计方面，开发节能型轮胎模具是当务之急。如探索开发快换模具，实现模具与硫化机的快速更换、快速装配，缩短更换时间，提高生产效率；开发新能源模具，改传统的蒸汽加热为电加热方式，传热效率、均匀性更好，更加环保节能。

（5）实施制造业服务化的新商业模式，更加精准服务客户需求　轮胎模具产品属于个性化定制工业品，不同的轮胎厂家有不同的标准和要求。为了提高工作效率，增强工作的针对性，行业将探索制造业服务化的新模式，在轮胎模具设计技术方面，模具厂将逐步从产业链的后端走向前端，参与客户新轮胎的研发并进行辅助化设计，从轮胎模具供应商向轮胎模具整体解决方案提供商转型发展。

另一方面，轮胎模具供应商为轮胎厂家建立独立的生产专线，配备专门的设计、工艺及质量团队，采用独立的模具生产车间，由轮胎厂家派设计师入驻模具

厂，双方共同进行轮胎模具新产品的开发工作，提高研发效率和成功率，为轮胎新产品上市提供保障。

汽车轮胎模具是传统产业，但在发展进程中广泛采用了节能环保、信息技术、高端装备、新材料和新能源等诸多战略性新兴产业的技术，必将催生出产业发展的新动力，实现更好更快的发展。

7.1.5.4 高端子午线轮胎模具关键技术开发与应用仍是轮胎模具产业重点发展领域

高端轮胎是航空飞机、特种战车、豪华轿车、巨型工程车等交通运输工具的关键装备，对行驶安全等起到重要作用。但是，其制作难度大，尤其是缺少高端轮胎模具等装备，在我国产量少，无法满足使用需求。高端轮胎模具用于高端轮胎的硫化成型，因其技术含量高、精度高、附加值高、制造难度大、产能小，世界上只有美、日及欧洲少数几家模具企业能够制造，并对我国实行技术封锁及市场垄断，严重制约着我国高端轮胎的发展。目前，我国轮胎销量约占全球的35%，而收入利润不足全球的 20 %，尤其是我国生产的轮胎属于中低端轮胎，高端航空飞机轮胎及巨型工程机械轮胎等受到严重制约，我国只能从国外高价进口，并受到严重限制，直接影响了我国国民经济发展和国防安全建设等。

轮胎模具包含乘用车轮胎模具、载货车轮胎模具、工程车轮胎模具和巨型工程车轮胎模具等，其中以乘用车轮胎和巨型工程车轮胎模具制造技术最难，高效排气技术、低压铸造技术等是高端轮胎模具的关键共性技术。

我国乘用车胎模具材质主要为铝硅合金，但其理化参数不能满足模具耐磨、耐腐蚀和良好的机加工性能等要求。由于铝镁合金具有优异的力学性能及耐蚀性等，成为生产高端轮胎模具的理想材料。但该材料在低压铸造过程中极易氧化、工艺难度大、成品率低，一直无法产业化应用。

轮胎模具传统排气方式是在模具上设计加工多达 6 000 个排气孔，只能人工加工生产，效率低、一致性差。轮胎硫化时，胎面形成胶毛，需剔除，既浪费胶料，又会伤及表面质量，取胎后，部分胶毛断裂堵塞排气孔，影响排气性能，需要人工逐个通孔清洗，维护困难。高效排气技术是亟须解决的世界性技术难题。

轮胎模具硫化轮胎是在高温、高压、腐蚀性环境中做重复性精密开合运动，模具表面极易受到腐蚀、损伤，降低了模具的使用寿命，并且表面不易清洁，导致轮胎硫化脱模困难，影响轮胎硫化质量，严重时会造成模具报废。

巨型工程轮胎硫化使用的模具，直径大、断面宽、重量重，开合模取胎难度

高，关键零部件形状复杂，一般加工设备和工艺无法完成精密加工。全球最大的轮辋直径 1.58m（63in）超巨型子午线轮胎模具在国内处于空白，导致我国无法生产 1.58m（63in）超巨型子午线轮胎。由于轮胎模具属于精密机械部件，其加工检测用普通的加工设备无法完成，行业普遍采用高性能的五轴联动加工中心等设备进行加工，不但价格昂贵，还受到国外的制约，且国内没有可以满足要求的轮胎模具专用加工装备。

面对轮胎模具关键技术瓶颈，大力推进高端子午线轮胎模具关键技术研究和应用，仍是我国汽车轮胎模具产业发展的重点任务。

1．结构优化

（1）创新轮胎模具排气结构，提高轮胎表面硫化质量和效果　无气孔轮胎模具在轮胎硫化成型时，模具上的花纹需要完整地压制到胎坯表面，模具腔内的气体需要顺利排出，否则会造成缺胶欠硫，在轮胎表面形成胶毛，影响外观质量和使用性能。为了降低模具制造的成本和模具维护难度，提高模具的使用寿命，山东豪迈机械科技股份有限公司开发设计了具有新型缝隙式排气结构及流道式排气系统的无气孔轮胎模具，实现了轮胎表面高质量生产，解决了气孔易堵塞、模具难清洗的难题，取得了无气孔高效排气和简易化维护清洗以及轮胎表面无胶毛高质量硫化效果（国际发明专利授权），其结构示意图如图 7-27 所示。（轮胎模具组合片式花纹块，由花纹片上下叠装组合而成，相邻两花纹片之间设有排气缝隙、周向排气槽、径向排气槽、轴向排气通道等排气结构，轮胎胎坯在硫化压力下向轮胎模具型腔内壁挤压，密闭储气区域内的空气由排气缝隙进入周向排气槽，周向排气槽的空气经过汇集进入径向排气槽，再进入轴向排气通道，轴向排气通道连通花纹块上下端面，空气由此排出轮胎模具型腔）。

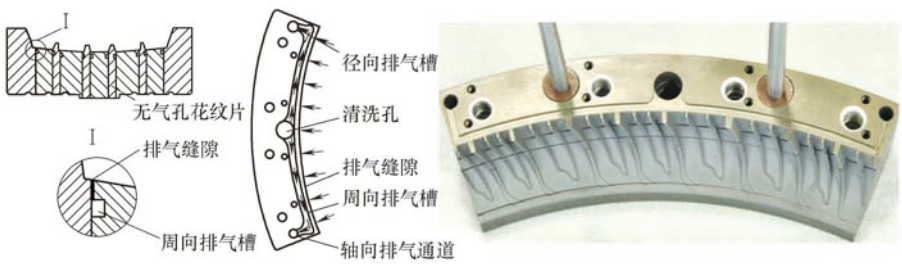


图 7-27　流道式排气系统高端无气孔模具设计图和缝隙式排气结构

（2）采用双金属复合结构高端无气孔模具　利用钢和铝不同热膨胀系数产生的缝隙实现无气孔排气，克服了钢质模具导热性比铝质差、铝质模具强度比

钢质差的技术矛盾，取得了兼具钢的机械强度高和铝的导热性能好的综合效果。设计的受挤压、摩擦的钢质壳套和花纹成型铝质无气孔花纹片复合结构，使得高导热性的铝花纹块在工作时受到强度高的钢质壳套保护，可有效提高轮胎硫化质量及硫化效率和模具使用周期。双金属复合结构高端无气孔模具如图 7-28 所示。

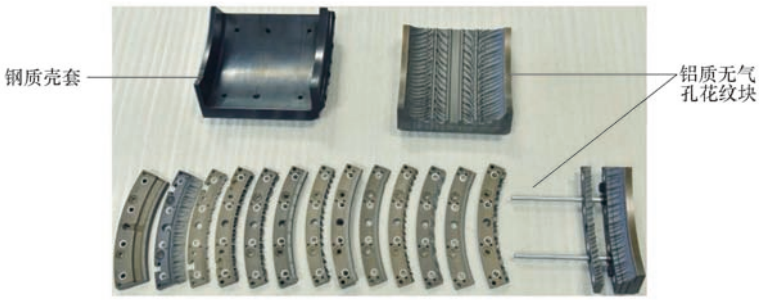


图 7-28　双金属复合结构高端无气孔模具

（3）建立最佳排气参数　深入研究排气性能与花纹形状、橡胶流动性的关系，从而确定最佳排气缝隙宽度、最佳排气位置及最佳排气数量控制方法，进一步提高排气效率，消除轮胎硫化成型的排胶现象。

2．提高铝合金花纹块制造技术

（1）铝镁合金改性技术及其精密铸造成形技术　由于铝镁合金具有优异的力学性能及耐蚀性等，成为高端轮胎模具进一步发展的理想材料。但该材料在低压铸造过程中易氧化，而且工艺控制难度大、成品率低，影响产业化应用。因此，开发铝镁合金改性技术及其精密铸造成形技术，是提高高端子午线轮胎模具（花纹块）制造技术的关键。我国乘用车胎模具材质主要为铝硅合金，但其理化参数不能满足模具耐磨、耐腐蚀和良好的机械加工性能等要求，需要研发新的铝镁合金成分及其低压铸造技术，以提高轮胎模具（花纹块）的材质均匀性、精度控制和成品率。

山东豪迈机械科技股份有限公司在高端子午线轮胎模具（花纹块）的铝合金改性研发中，开发了两种铝镁合金（新的铝镁合金和加稀土改性铝镁合金），都取得了较好的技术性能和应用效果。最佳铝镁合金元素成分（质量分数）见表 7-4。铝镁合金改性稀土合金化学成分（质量分数）见表 7-5。

表 7-4　最佳铝镁合金元素成分（质量分数）　　单位：（%）

Mg	Fe	Si	Cu	Mn	Zn	Ti	Cr	Sn	Al
4.5 ～ 5.5	≤ 0.12	≤ 0.12	≤ 0.01	0.3 ～ 0.6	≤ 0.01	0.12 ～ 0.2	≤ 0.01	≤ 0.01	余量

表 7-5　铝镁合金改性稀土合金化学成分（质量分数）　单位：（%）

Cu	Zn	Ni	Pr	La	Ce	Pb
40 ～ 48	30 ～ 38	10 ～ 15	0.1 ～ 2	5 ～ 9	11 ～ 20	0 ～ 4

在新的铝镁合金精密铸造技术方面，山东豪迈机械科技股份有限公司自主研发了铝镁合金低压铸造熔液净化处理技术、铝镁合金低压铸造熔液流场控制技术、铝镁合金低压铸造冷却温度场控制技术和铝镁合金低压铸造参数化收缩率计算方法。提出了除气转子最佳转速和最佳除气时间控制方法，解决了除气、除渣难题，实现了高纯净度铝镁合金的熔炼。图 7-29 是低压铸造自动熔炼设备和新型旋转净化设备。通过上述熔液净化处理技术，使铝液处理质量达到了针孔度 1 级水平（如图 7-30 和图 7-31 所示），确保了铝镁合金液高纯净度。铝镁合金液处理最佳除气时间见表 7-6。

表 7-6　铝镁合金液处理最佳除气时间

铝合金液熔解量 /kg	200 ～ 300	300 ～ 400	400 ～ 500	500 ～ 600	600 ～ 700	≥ 700
除气时间 /min	6	8	10	12	15	20

图 7-29　低压铸造自动熔炼设备和新型旋转净化设备

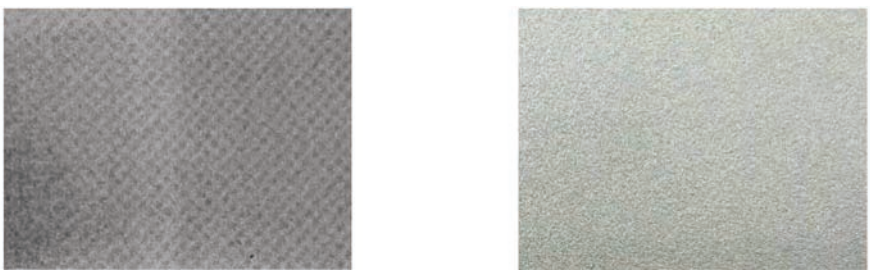


图 7-30　JB/T 7946.3—1999 1 级针孔度标准　图 7-31　本项目熔液净化处理质量

通过采用铝镁合金改性技术、低压铸造熔体净化、流场、温度场控制技术和装置以及参数化收缩率计算方法，避免了气孔、氧化夹杂物、缩松等铸造缺陷，

显著提高了铝镁合金轮胎模具铸造材质的均匀性、精度精准控制和表面质量。铝镁合金模具（花纹块）综合铸造成品率达到了 99.7%。低压铸造的高端铝镁合金模具切片质量和表面质量如图 7-32 所示。

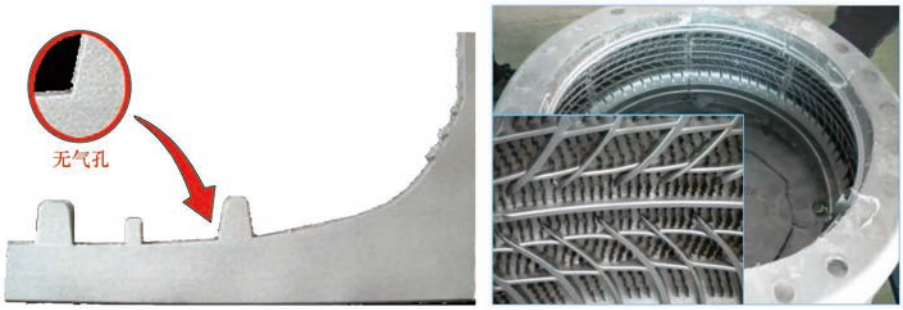


图 7-32　低压铸造的高端铝镁合金模具切片质量和表面质量

（2）轮胎模具表面强化技术　通过采用硬质氧化技术及类金刚石薄膜涂层技术可解决轮胎模具（铝镁合金花纹块）表面易腐蚀、易损伤、硬度低、难脱模等问题，显著提高了模具的表面完整性和力学性能，可延长模具的使用寿命，有效改善模具表面易清洁性和脱模性能。

采用铝镁合金表面硬质氧化工艺技术（阳极氧化），可在轮胎模具表面获得厚度均匀、显微硬度高的硬质氧化膜层，经过进一步处理使封闭剂纳米氧化微粒深入地渗到氧化膜微孔中，可显著提高轮胎模具花纹块接触表面的硬度、耐磨性和耐蚀性，并减弱氧化膜对杂质或油污的吸附。山东豪迈机械科技股份有限公司的研究结果：硬质氧化后轮胎模具氧化膜厚度可达 50 μm，氧化膜显微硬度 485HV（如图 7-33 所示）；对硬质氧化膜层和基体 240h 盐雾试验，经硬质氧化处理后的试样耐盐雾腐蚀率较普通基体提高 74%。

图 7-33　轮胎模具花纹块表面硬质氧化膜及氧化膜厚度

采用等离子体增强化学气相沉积法（Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposiion，PECVD）在轮胎模具表面制备类金刚石（Diamond Like Carbon，DLC）涂层，是正在开展的提高轮胎模具（铝镁合金花纹块）性能的一项新的技术探索。由于 DLC 涂层的强度高、导热性好、耐蚀性强，且具备基底选材广、沉积温度低和沉积速率快等优点，是一种非常具有应用前景的高端轮胎模具（铝镁合金花纹块）表面改性技术。山东豪迈机械科技股份有限公司的研究实验结果：轮胎模具 DLC 涂层硬度 19GPa，结合强度 13.8N，表面粗糙度 0.053 μm，涂层厚度约为 2.6 μm（无氢 DLC 涂层微观结构致密，无明显的沉积裂纹产生，涂层与基体结合较为紧密，为涂层优良的力学性能提供了保障）；DLC 涂层水接触角可达 102°，有效改善了轮胎模具花纹块表面易清洁性，使轮胎硫化更易脱模。应用效果表明，DLC 涂层显著提高了轮胎模具花纹块接触表面的硬度、耐磨性和使用寿命。DLC 涂层的划痕曲线形貌图、表面粗糙度图和断面结构图 7-34 所示。

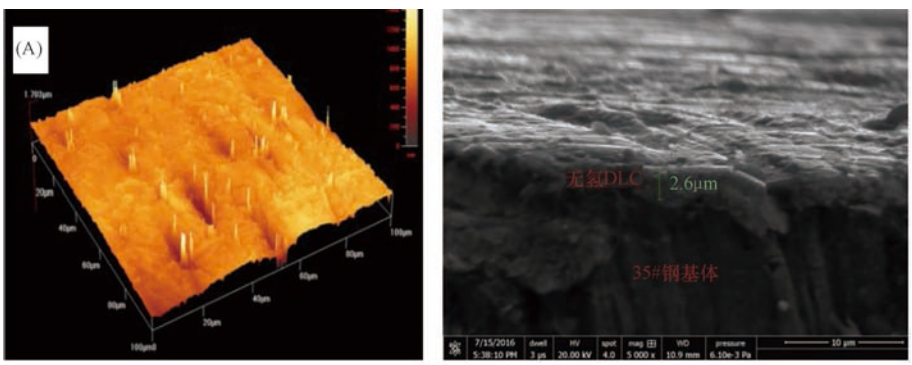


图 7-34　DLC 涂层的划痕曲线形貌图、表面粗糙度图和断面结构图

广东巨轮智能装备股份有限公司也非常重视轮胎模具表面强化技术的研发和应用，通过聘请专家，建立热处理技术研发小组和轮胎模具表面工程中试车间，先后完成了模具低温氮碳共渗及油冷工艺、气体软氮化工艺、稀土复合渗热处理工艺等技术改造项目。

（3）提高超大巨型工程子午线轮胎活络模具设计制造水平，为我国工程机械“由大变强”提供支撑　子午线化是巨型工程车轮胎的发展方向，（超）巨型工程子午线轮胎活络模具设计制造水平是决定超巨型工程轮胎子午线化率提升的关键条件。由于巨型工程轮胎直径大（可达 5 000mm）、断面宽（1 500mm），开合模结构设计和制造公差控制是巨型工程轮胎子午线模具面临的最大技术挑

战。我国从事子午线轮胎模具制造的重点骨干模具企业如广东巨轮智能装备股份有限公司和山东豪迈机械科技股份有限公司等企业，近年来开展了巨型工程车胎模具的研发和生产，突破了高端子午线轮胎模具结构设计及高精度加工等多项重大关键技术，达到国际高端客户提出的技术要求，改变了我国不能生产超巨型工程轮胎的局面。主要技术成果如下：

1）设计了双导环锥面配合导向结构和花纹块上下对称分型结构等，解决了单导环超巨型模具受力不均匀技术难题（如图 7-35 所示）。双导环结构与花纹块上下对称分型设计，可使上、下导环分别与上、下分型面配合滑动，使模具整体受力均匀，有效降低了开合模过程中对模具分型面的磨损，延长了巨型模具的使用寿命（提高 30%），减小了径向开合模行程（缩小 40%）。模具合模过程中，上导环与下导环对花纹块进行二次定位，显著提高了定位精度，降低了合模错位量，取得了超巨型轮胎花纹高精度硫化成型的良好效果。

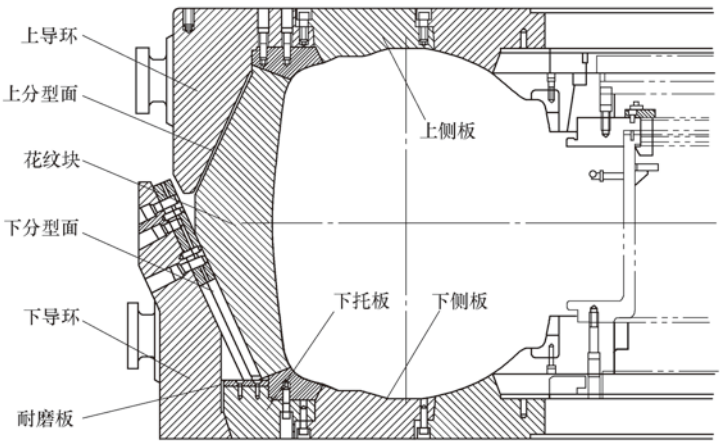


图 7-35　双导环下开式超巨型工程子午线轮胎模具结构图

2）发明了巨型工程子午线轮胎模具下开式结构，将模具设计为上模（由上盖和上侧板组成）和下模（由下侧板、花纹块等组成），解决了硫化设备起重机构负载大、能耗高、安全性低等问题。采用下开式结构后，硫化机开模仅需将重量轻的上模吊起，对模具底部施加推力使模具向上、向外张开， 77% 左右重量的下模始终留在硫化机的硫化室内，使硫化设备起重机构负载降低 70% 以上，节约了能源消耗，大大提高了安全性，并延长了硫化机使用寿命（如图 7-36 所示）。

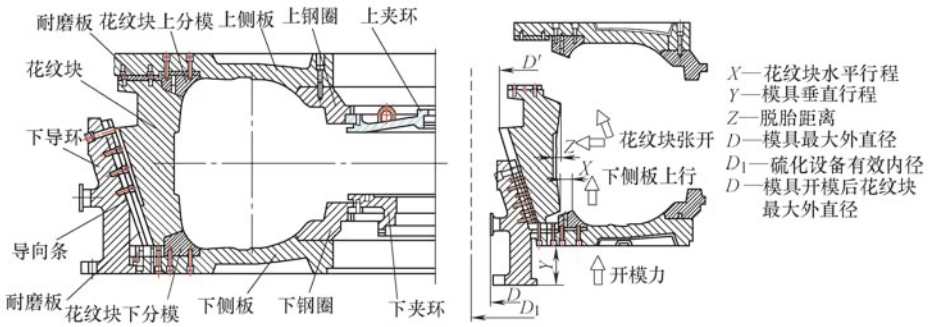


图 7-36　下开式结构巨型工程子午线轮胎模具

3）开发出新的轮胎模具钻孔机、轮胎模具径向圆跳动测量装置、轮胎模具压力测试装置等巨型轮胎模具专用加工工艺设备和精度测量装置，满足了超巨型子午线活络模具高精度加工等工艺技术要求。

目前，山东豪迈机械科技股份有限公司可以生产国际上最大尺寸的巨型工程子午线轮胎（59/80R63）模具。该模具外直径达5m，重量达128.5t（如图7-37所示）。硫化生产的轮胎直径达4.13m，重量达5.5t。

图 7-37　R63 超巨型工程子午线轮胎模具和 R63 模具硫化的轮胎

7.2　电子信息产业

7.2.1　电子接插件（插接器）高速多工位级进冲压模具

接插件是电子系统和设备中不可或缺的基础元器件。电子接插件也叫插接器，国内也称作接头和插座，一般是指电器接插件，即连接两个有源器件的器件，用于传输电流或信号（如图7-38所示）。接插件是电子信息产业的重要基础零部件，广泛应用于通信、汽车、航空航天、家用电器、机床、仪器仪表以及海洋工程等几乎所有领域。可以说，有电子电器的地方就有接插件，而且不同的应用需要不同的接插件，其功能和技术要求也不一样，于是产生了各类品种和功能繁多的接

插件（如图 7-39 所示）。如民用飞机的电子电器设备就是靠接插件进行系统集成的。其内话系统接插件是飞机内话系统功能线路中的重要一环，起到电信号连接的作用，接插件的工作性能直接影响到连接的音频系统的语音通信效果，直接影响新型号飞机的试验试飞、合格审定乃至航线运营。因此，内话系统接插件这种小器件，既需要接插件与终端音频设备相匹配，并且飞机部位的不同，其安装物理接口也不同，一架飞机有多达几十种接插件产品。

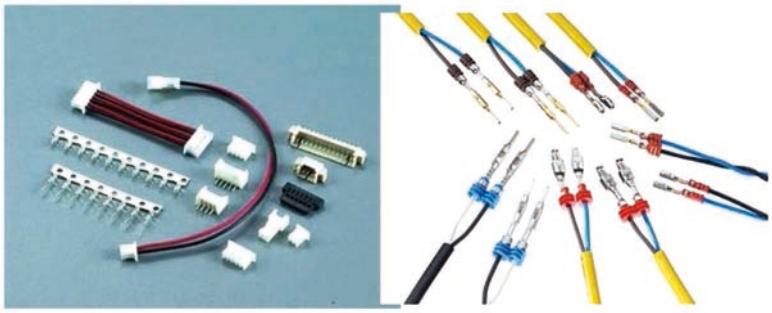


图 7-38　接插件（插接器）

图 7-39　接插件零部件

接插件有大中型接插件、小型接插件、微型接插件、压接型接插件以及水下密封型接插件等类别，其结构需要充分考虑电子电器系统功能对接插件的功能需求、环境要求、安装要求、电气接口要求等工作条件。如海洋工程装备的水下电接插件是水下工程设备和装置中最常用的器件，除了要有良好的电连接性能外，水密封、防腐和可靠性是其关注的重点，已广泛应用在海洋油气生产、水下施工机械、作业器械、潜水装具装备以及近海工程中的海洋锚泊系船设施等领域的电动力输送、电 / 液控制信号传递等诸多方面。毋庸置疑，应用面最多的还是中小型接插件、微型接插件、压接型接插件，这些接插件已经成为电子信息产业的重要基础支撑。特别是随着微电子行业的飞速发展，微电子集成芯片在种类、尺寸、

形态结构等方面都有了翻天覆地的改变，对芯片的制造周期、贴装模式、流程和工艺方法都有了更高的要求。压接型接插件是其重要的连接器件，它是通过具有一定弹性的插针，在压入金属孔后发生弹性形变，插针与金属孔之间形成紧密的导电接触，是完全靠机械连接实现电气互连的方法。显然，插针弹性形变产生的应力保证了接插件与印制电路板接触可靠性，而且降低了接插件与印制电路板的接触电阻，提高了电性能指标。

接插件级进模是接插件制造的重要工艺装备，在目前通信、电子、汽车、航空以及家用电器智能化和网络化发展的大趋势下，信号采集、连接与传输、数据与控制以及传感器的迅速发展，使接插件（连接器）产品要求小型微型化、精密精细化以及结构复杂多功能化，并且产量批量大而品种多，导致对接插件级进模的精度和结构要求极高，很多模具结构微小而复杂、功能多、冲压速度极快、寿命要求高，是精度、冲压速度以及可靠性要求三高并举的超精密模具（如图 7-40、图 7-41 所示）。

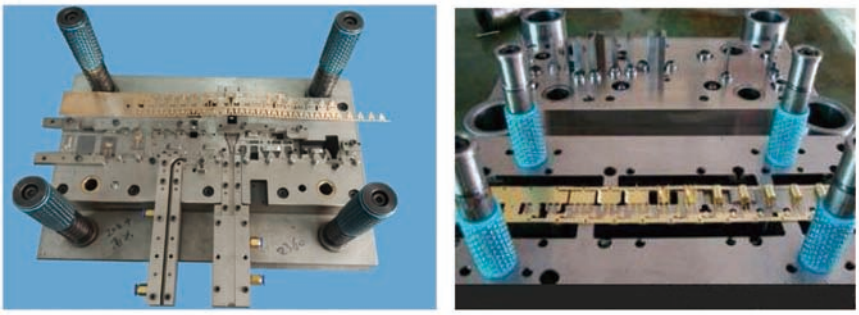


图 7-40　接插件模具

图 7-41　接插件的模具排样与精密零部件

目前，我国的精密接插件模具用的微型接插件料厚大多为 0.5 ～ 0.1mm（最薄可达 0.1mm 以下），冲压制件精度达到 0.01mm 以上。接插件模具的

静态累积加工精度达到 2 ～ 5 μm，单个零件精度 1 ～ 2 μm，设计使用寿命达到 3 亿～ 5 亿次，最高冲压速度 1 500 次 /min 以上，可以实现多料、多工序成形以及装配、铆接等多功能复合等。如获得 2016 年中国模具工业协会颁发的“精模奖”一等奖的“22F 动簧组合模内铆接多工位级进模”，模具尺寸 450mm×300mm×210mm，设计寿命 1 亿次。该模具除设计了冲压、弯曲、成形等工序外，在模具内还设计了银触点、衔铁的送进、铆接及漏铆检测工序和结构，实现了在一副模具内同时完成动簧片的片料冲裁、银触点铆接、检测、弯曲成形、衔铁铆接等冲压与自动化模内装配的集成。使模具从单一冲压装置转变成一个以模具冲压为核心的冲压、装配以及铆接一体化的制造装备，大大提高了产品的生产效率，降低了成本。

精密高速冲压生产是涉及材料、设备、工艺、检测、数据、控制以及生产管理等多领域的先进制造技术，是通信、电子、信息、控制以及数字化和智能化发展的基础条件。因此，精密接插件级进模是我国工业信息化和智能化优先发展的重要基础装备。总体来说，我国的精密接插件级进冲模整体水平处于国际先进水平。但是，受材料、冲压装备控制技术和工艺软技术基础等因素的制约，精密接插件级进冲模的动态精度、冲压生产的稳定可靠性以及冲压速度等与国际领先水平还有差距，特别是智能化和互联网冲击下电子工业的变革与发展，以及大批新型传感器与接插件的出现，精密接插件模具还面临着巨大的挑战。

具体来说，精密接插件级进模面临的挑战主要有以下几个方面：

（1）新材料带来的挑战　随着电、磁以及数据和信息传输的发展，新的电子与数据传输材料也会纷纷出现，必然会给冲压工艺提出新的要求，新的冲压工艺与模具也就必须随之改变。

（2）微型复杂多功能集成的挑战　微型件、冲压与铆接复合工艺的出现，使精密接插件级进模的功能已经突破了原有的模具概念，变为一个以冲压模具为基础的精密接插件制造单元。随着接插件的微型多功能化，其复杂程度以及多功能集成的要求将远远超过现在的精密级进冲模，加上工业的智能化，不久的将来必将出现精密接插件智能制造单元（装备）。

（3）动态精度控制及可靠性的挑战　随着精度与冲压速度的提升，动态精度是保证精密接插件级进冲模高速生产的重要前提，它涉及材料、刚度设计、模具加工精度、装配工艺与精度、受力与振动控制、应力与受热、结构稳定性等多

个方面，目前已经成为国内模具企业关注的重要问题。如何在设计和制造中保证和控制模具的动态精度及生产的可靠性是精密接插件级进冲模达到世界领先水平的关键。

（4）长寿命的挑战　长寿命一直是接插件模具追求的目标，寿命除了与材料及热处理技术有关外，还与动静态精度、模具零件变形的控制、润滑等有关，还有很多需要进一步关注和研究的领域，也是对产学研支持研究的重要方向。

（5）冲压速度提升的挑战　冲压速度是大批量生产效率的关键，冲压速度一方面受限于冲压设备的冲速，另一方面模具冲压速度越高，则动态精度、振动、刚度以及结构等都会产生很大的变化，这种挑战无疑是巨大的。

高速冲压技术适用于大规模生产，具有质量好、效率高、节能降耗、安全性高、成本低等特点，在电子通信类零件、IC集成电路引线框架类零件、汽车电子类零件、家用电器类零件及其他类型零件应用十分广泛。因此，精密接插件级进冲模的发展是这些领域发展的重要基础。

7.2.2　集成电路封装模具

集成电路（Integrated Circuit，集成电路）一直是发展最迅速的产业之一。集成电路是电子系统和设备中不可或缺的部件，是一种微型电子器件或部件，就是把一定数量的常用电子元件，如电阻、电容、晶体管等，以及这些元件之间的连线，通过半导体工艺集成在一起的具有特定功能的电路。集成电路广泛地应用于电子产品之中，如计算机、手机、电视机、电话机、显示器等。随着计算机技术和半导体技术的飞速发展，集成电路几乎渗透到了一切领域。集成电路是现代信息产业和信息社会的基础，是改造和提升传统产业的核心技术。随着全球信息化、网络化和知识经济浪潮的到来，集成电路产业的地位越来越重要，它已成为事关国民经济、国防建设、人民生活和信息安全的基础性、战略性产业。封装，就是指把硅片上的电路管脚用导线接引到外部接头处，以便与其他器件连接。封装形式是指安装半导体集成电路芯片用的外壳。它不仅起着安装、固定、密封、保护芯片及增强电热性能等方面的作用，而且还通过芯片上的接点用导线连接到封装外壳的引脚上，这些引脚又通过印制电路板上的导线与其他器件相连接，从而实现内部芯片与外部电路的连接。因此，对于很多集成电路产品而言，封装技术都是非常关键的一环，对芯片自身性能的表现和发挥有重要的影响。几种常见的封装形式如图 7-42 所示。

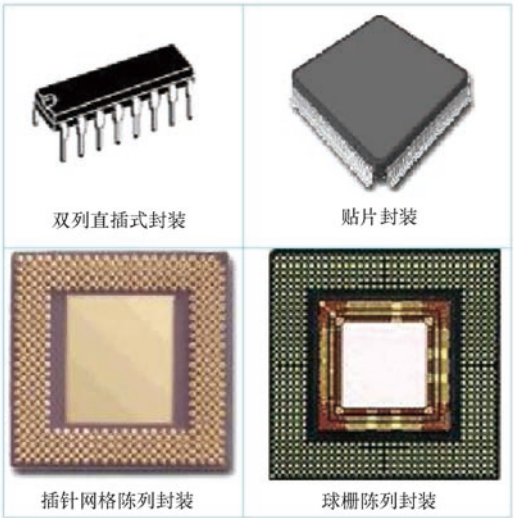


图 7-42　几种常见的封装形式

按照封装材料分，集成电路的封装可以分为金属封装、塑料封装、陶瓷封装等。其中以塑料封装的集成电路最常用。塑料封装的集成电路又有方形扁平式和小型外壳式两大类，前者适用于多引脚电路，后者适用于少引脚电路。

按照封装外形分，集成电路的封装可以分为直插式封装、贴片式封装、插针网格陈列封装、球栅陈列封装等类型。

（1）直插式封装　直插式封装集成电路是引脚插入印制电路板中，然后再焊接的一种集成电路封装形式，主要有单列式封装和双列直插式封装。其中单列式封装有单列直插式封装和单列曲插式封装，单列直插式封装的集成电路只有一排引脚，单列曲插式封装的集成电路一排引脚又分成两排进行安装。双列直插式封装又称 DIP 封装，这种集成电路具有两排引脚，适合 PCB 的穿孔安装，易于对 PCB 布线，安装方便。但芯片面积与封装面积之间的比值较大，故体积也较大。双列直插式封装的结构形式主要有多层陶瓷双列直插式封装、单层陶瓷双列直插式封装、引线框架式封装等。

（2）贴片封装　这种封装的集成电路引脚很小，可以直接焊接在印制电路板的印制导线上。贴片封装的集成电路主要有薄型 QFP（TQFP）、细引脚间距 QFP（VQFP）、缩小型 QFP（SQFP）、塑料 QFP（PQFP）、金属 QFP（MetalQFP）、载带 QFP（TapeQFP）、J 型引脚小外形封装（SOJ）、薄小外形封装（TSOP）、甚小外形封装（VSOP）、缩小型 SOP （SSOP）、薄的缩小型 SOP（TSSOP）及

小外形集成电路（SOIC）等派生封装。这种封装适用于 SMD 表面安装技术在 PCB 电路板上安装布线，适合高频使用，操作方便，可靠性高，而且芯片面积与封装面积之间的比值小。

（3）BGA 封装又名球栅阵列封装　BGA 封装的引脚以圆形或柱状焊点按阵列形式分布在封装下面。采用该封装形式的集成电路主要有 CPU 以及南北桥等的高密度、高性能、多功能集成电路。BGA 封装集成电路虽然增加了引脚数，但引脚间距并没有减小，反而增加了，从而提高了组装成品率；厚度和重量都较以前的封装技术有所减少；寄生参数减小，信号传输延迟小，使用频率大大提高；组装可用共面焊接，可靠性高。

近几年，系统级封装技术也得到迅速发展，集成电路封装向高密度和高引脚数发展，引脚由四边引出向面阵排列发展。目前，芯片的集成度越来越高，引脚数已超过 1 000 个，四边引出的引脚节距越来越小，封装难度越来越大。集成电路封装向表面安装式封装（SMP）发展，以适合表面安装技术（SMT）。表面安装式封装能最大限度地优化系统性能、避免重复封装、缩短开发周期、降低成本、提高集成度。目前表面安装式封装主要用于低成本、小面积、高频高速以及生产周期短的电子产品上，如功率放大器、全球定位系统、蓝牙模块、影像感测模块、记忆卡等便携式产品市场。集成电路封装从陶瓷封装向塑料封装发展。统计资料表明，塑料封装占世界集成电路封装市场的 95% 以上，在消费类电路领域基本上是塑料封装一统天下，在工业投资类电路中也占有相当大的比例。微电子塑料封装简称微电子塑封，它是一种用塑料封闭电子元件的制造方法。在闭模的情况下，采用热固性树脂在料筒中借助温度和压力的作用，并在塑封压机液压缸的工作下，用压柱将料筒中已塑化的专用塑封料通过模具浇注系统压入模膛的低压传递模塑的一种成型工艺。被塑封的电子元件类似金属嵌件定位在塑封模具型腔中，塑料通过传递模塑方法注入型腔，加热、固化、开模取出制品进入到后道工序，经检测合格后才能出厂。为避免注入的熔体损坏电子元件，模塑压力极低，所用材料必须具有极低的熔体黏度和极好的流动性。

随着微电子行业的飞速发展，微电子集成电路芯片在种类、尺寸、形态结构等都有了很大改变，对芯片的制造周期、封装模式、流程和工艺方法都有了更高的要求。

集成电路封装模具是集成电路封装的重要工艺设备，用于塑封的模具具有特殊结构的设计，要采用单独的料筒和传递压柱，并要借助专用的设备 —— 塑封

压机来使用模具。电子元件在合模之前要方便定位于模具中，为防止电子元件的变形，缩短放置引线框架的时间，提高模具的工作效率，设计有专用的上料框架来夹住引线框架和电子元件，然后装入塑封模具中。封装的对象是微电子元件，体积小，结构复杂，故模具采用一模多腔。脱模机构复杂，模具的尺寸精度和装配精度较高，平衡性要好，以避免在塑封过程中产生溢料。因电子元件表面及引脚处的溢边很难除去。同时，为提高封装元件的质量，避免封装体内部气孔、气泡等一些缺陷产生，在模具的分型面上开设有多处排气槽，特殊塑封元件的模具需进行真空强制排气，以提高塑封质量。目前，通信、电子、汽车、航空以及家用电器智能化和网络化发展的大趋势下，集成电路的特征尺寸继续等比例缩小，特征尺寸从亚微米进入到微米领域，集成度越来越高，最终发展为系统芯片。微电子技术与其他领域相结合将产生新的行业与科学，如 3D 集成微系统等。芯片的发展方向是轻、薄、短、小型化。这些要求导致对集成电路封装模具的精度要求极高，很多模具结构微小而复杂，封装速度快，寿命要求高，要求用精度、封装速度以及可靠性高的精密模具（如图 7-43 所示）。

图 7-43　集成电路封装模具

多缸注胶头集成电路模具是采用免预热型小直径（ϕ10 ～ ϕ18mm）树脂，与使用大料饼（单缸、双缸注胶头）集成电路模具相比，封装树脂成型固化时间要短很多。一般多缸注胶头集成电路模具为 60 ～ 90s，而大料饼（单缸、双缸注胶头）模具为 120 ～ 240s，因此，生产效率提高了 1 倍以上。集成电路封装模具是固定加料腔式热固性塑料压注模，具有腔位多（可高达 2 000 多腔）、精度高（几乎都是微米级）、引脚数多（有的达数百条引线脚）、间距小等优点。多缸超多模膛封装模具在进行生产时，一模可封装 280 个芯片。精密集成电路封装模具是

我国工业信息化和智能化优先发展的重要基础装备。受材料、塑封装备控制技术和工艺软技术基础等因素制约，精密集成电路封装模具的精度、生产的稳定可靠性及封装速度等与国际领先水平还有差距。

精密集成电路封装模具面临的挑战主要有以下几个方面：

（1）材料的挑战　由于树脂的配方灵活多变，加上集成电路塑料封装对树脂材料的特性提出了多项要求，为此，在选择集成电路封装的树脂时常遵守以下几条原则：①在宽的温度、频率范围内，具有优良的介电性能。②具有较好的耐热性、耐寒性、耐湿性、耐大气性、耐蚀性、耐辐射性以及优良的散热性。③具有与金属、非金属材料基本相匹配的热膨胀系数，黏接性能好。④固化过程中收缩率要小，封装后塑封体尺寸要稳定，精度高。⑤不能污染半导体器件表面。⑥具有较好的可加工性能和力学性能。

（2）精度控制及可靠性的挑战　包括提高模具的定位精度、模膛的位置精度及其上下模膛间的相对位置精度，从而提高芯片的 PKG 在引线框架上的位置精度及上下 PKG 的相对位置精度，进而很好地满足高尖端市场的需求。如何在设计和制造中保证和控制模具精度及生产的可靠性是集成电路精密封装模具达到世界领先水平的关键之一。

（3）长寿命的挑战　开发出工艺性好、经久耐用的模具不但可以使芯片制造降低生产成本、提高工作效率、降低劳动强度，而且能够制造出物美价廉的芯片。

（4）封装速度的挑战　多缸超多模膛封装模具的研究在国际上属热门课题之一，对降低生产成本、提高效率、进行大批量生产等都具有重要意义。目前还没有一套成熟的理论来支持这种模具的开发设计，在很多方面还处于试验阶段。因此，对这种高效模具的研究更具有挑战意义。

高速封装技术适用于大规模生产，在集成电路中应用十分广泛。因此，集成电路精密封装模具的发展是电子信息产业发展的重要基础。

7.2.3　高像素（800 万以上）树脂镜片注射模具

树脂镜片是一种以合成树脂（即塑料）为原料的光学镜片。与玻璃镜片相比，树脂镜片具有质轻、抗冲击力强、透光性好等优点，而且它能比较容易被加工成非球面透镜，而玻璃镜片则很难做到。因此，在某些领域玻璃镜片逐渐被树脂镜片所取代。高像素树脂镜片主要应用在具有拍照功能的手机和数字照相机镜头中。

随着人们生活水平的提高，以前作为奢侈品的数码相机走进了千家万户。图 7-44 为一种数字单反照相机及镜头。可以看到，镜头由许多片镜片组成。同时，

手机拍照功能的快速发展带动了整个手机镜头产业的进步。2016 年，全球手机出货量超过 14 亿部，其中智能手机出货量为 13.6 亿部。在智能手机的所有功能中，拍照的清晰度成为衡量智能手机优劣非常重要的指标。智能手机从最初的 500 万像素到 800 万像素，再到现在的 1 200 万像素、1 600 万像素，甚至有些手机达到了惊人的 4 100 万像素。

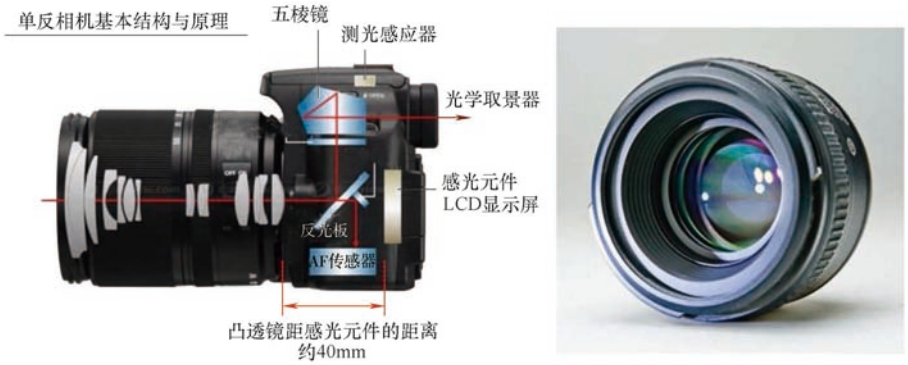


图 7-44　单反相机及镜头

从定义上来看，像素是指基本原色素及其灰度的基本编码。像素是构成数码影像的基本单元，通常以像素每英寸 （pixels per inch，PPI）为单位来表示影像分辨率的大小。例如 300×300 PPI 分辨率，即表示水平方向与垂直方向上每英寸长度上的像素数都是 300，也可表示为一平方英寸内有 9 万（300×300）像素。相应地，一部拥有 800 万像素的数字照相机，它的感应器能输出分辨率为 3 264×2 488 的图像。

不论是数字照相机还是传统照相机，首先接收的都是景物的光学信息，景物通过手机镜头生成的光学图像投射到图像传感器的表面上，然后转换为电信号，电信号再通过 A/D（模数转换）转换后，变成数字图像信号，然后再将数字图像信号交给数字信号处理芯片（DSP）进行加工处理，再通过 IO 接口传输到电脑中处理，通过显示器就可以看到景物的画面了。目前主要有 CMOS 图像传感器与 CCD 图像传感器。

CMOS 芯片全称为 Complementary Metal Oxide Semiconductor，互补金属氧化物半导体，它是镜头中的感光部分，成本占整个镜头的 30% 以上，是由硅和锗制成的半导体，使其在结构上形成 P-N 结，在光照的情况下，开始放电，速度随发光强度的不同而不同，这就使得每个像素中的电荷与原来储存的电荷不同，实现了光与电的相互转换。首先，当像素阵列受到外界光照后，有 P-N 结产生

了光电效应，这时每一个像素内会产生相应的电荷。行选择逻辑单元根据产生电荷输出选择相应的行像素单元。此单元的图像信号通过所在列的信号总线将图像信号传输到其对应的模拟信号处理单元和 A/D 转换器上，完成图像信号向数字信号的转换输出。其中，行、列选择逻辑单元的功能是相互配合来实现所拍摄的图像信号的提取。模拟信号处理器的功能是将所拍到的信号放大并提高信噪比。A/D 转换器的功能是将放大的信号转换成数字信号。时钟控制单元通过数字锁相环稳定频率来对行、列选择逻辑单元进行控制，为像素阵列提供置位信号，并对整个 CMOS 提供时钟信号。数字图像输出功能是通过 USB 接口将图像输出。

CCD 芯片全称 Charge Coupled Device，是一种半导体电荷耦合器件装置。同样能够把图像信号转换为数字信号。但是它的突出特性是以电荷为单位作为信号源，而不是像 CMOS 是以电压的形式为信号将电信号贮存和转移的。其工作原理是：当 CCD 芯片感受到外来光源的曝光后，其光敏二极管受到激发而产生相应的电荷，CCD 通过感官元件的信号控制线路对产生的电流加以控制，由电流传输电路将电流输出，CCD 会将此电信号统一输出到放大器部分，经过放大过滤后的电信号再经过 AID 转换器，将电信号转化为数字信号加以输出。

从总体上来看，CCD 的优点主要有灵敏度高、噪声小、信噪比大的特点，但是其生产工艺比较复杂，所以成本比较高，功耗较大。而 CMOS 的特点是集成度比较好，功耗和成本都比较低，但是相对噪声比较大，灵敏度也较低，所以对光源有一定的要求。从成像效果上来看，在同等像素的情况下，CCD 的成像质量往往比较好，画面通透，明锐度较高，色彩还原性和曝光都很准确。CMOS 的特性相对偏弱，通透性和色彩还原能力都一般。但是，CMOS 对信号的处理是整行整列的选择处理，并且可以进行隔行扫描，虽然会降低一些清晰度，但是对信号的输出比较快，而且近年来通过采用影像光源的自动增益补强技术，以及自动亮度、白平衡控制技术、色饱和技术、边缘增强技术、伽马校正技术等先进技术对图像的技术控制，目前的 CMOS 芯片的图像像质已经可以达到与 CCD 相媲美的效果。

对于拍照手机镜头（如图 7-45 所示），为了达到工作需要的进光量，必须要有足够大的相对孔径，视场也需要比较大，要达到 60° ～ 80° 。一般来讲，视场越大，像散、场曲、畸变等像差也会随之变大。由于衍射极限的存在，每一个镜头系统一定会存在像差，通常在根据其他条件不变的情况下，镜头的长度是与成像质量成正比的，也就是长度越长成像质量越好，而在手机镜头上，因为长

度要制造得非常小，就必须在其他参数上做补偿。一般情况下，需要根据 CMOS 器件最小像元尺寸确定镜头分辨率像面上形成的弥散斑半径大小，以这些为基本数据来设计镜片。因此，所谓高像素（800 万以上）树脂镜片实质上是指和分辨率为 800 万像素 CMOS 器件相匹配的树脂镜片，如最小像元尺寸为 1.4 μm 的 CMOS 器件，要求像面上形成的弥散斑半径最大不能超过 4.2 μm，畸变要求不得超过 2%。因此，非球面镜片得到了广泛的应用。

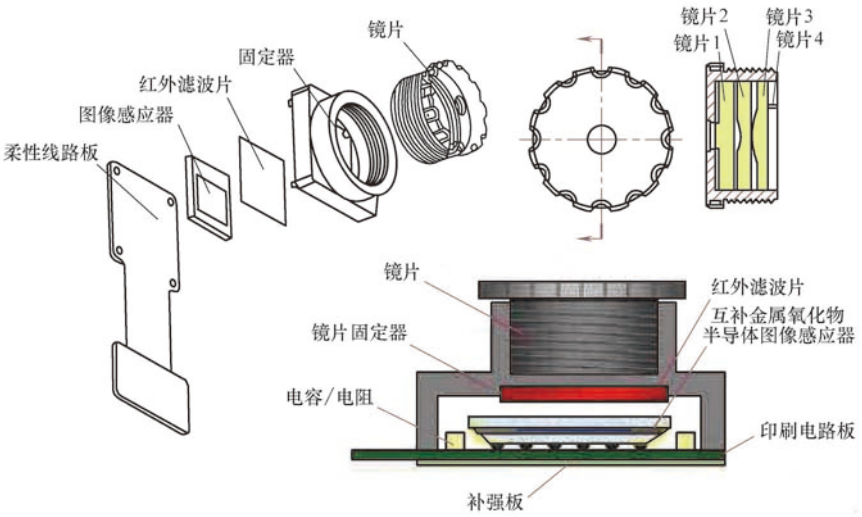


图 7-45　手机镜头

（1）球面透镜　球面透镜是指从透镜的中心到边缘具有恒定的曲率，而非球面透镜则是从中心到边缘曲率连续发生变化。在摄影镜头中，为了保证光学性能，必须校正众多的“像差”。若仅仅用球面透镜来校正，则要求需要有许多透镜组合。对于特殊的高级镜头，仅用球面透镜有时不能使像差校正到用户满意的程度。使用非球面镜片有很多优点，它可以消除光线在传输过程中产生的各种像差，对于球面来说，其面型仅仅是一个二次函数，而非球面函数甚至达到了 16 次以上，通过给出的高次系数，将球面边缘加工成能够消除像差的高次非球面。其优点主要表现在：

1）能够大大地提高像质，能够弥补球面镜片对于像差校正方面的缺陷，极大地提高成像的质量。

2）普通的光学球面镜头在高倍率的时候容易产生畸变而使得图像失真，尤其是在手机镜头这种大视场的系统中，畸变会更大，将高次非球面引入手机镜头

的系统中，能很好地控制镜头边缘对光的折射，消除光在通过镜片边缘时产生的失真。

3）由于其具有很好的校正像差的能力，一枚非球面镜片校正像差的能力能够替代多枚球面镜片组合的校正像差能力，能够简化镜头的结构。因此，能够获得更大的相对孔径。

4）随着镜头结构的简化，能减轻整个系统的重量和体积并提高整个系统的透光率。

（2）非球面树脂镜片　尽管非球面树脂镜片在性能上有很大的优势，但是，在加工工艺上和检测方面存在一定的困难，面临着许多需要解决的问题：

1）模具设计中的收缩补偿。树脂成型过程中会造成尺寸收缩，从而导致成型制品的形状与型腔形状有所差异。无论采用注射成型还是注射压塑成型，为满足高像素成像的要求，设计型腔时必须对收缩进行合理补偿，以满足最终成型的尺寸要求，这种补偿理论亟待建立。

2）模具加工方法。模具是加工树脂镜片的主要工艺装备，对于非球面镜片，还要用到复杂曲面的加工方法。目前，国外已有商品化的超精密加工机床，如超精密单点金刚石车床等。国内在复杂曲面的超精密切削、磨削方面有所研究，也取得一定的进展，但在商品化机床的开发和推广上还需进一步加强。

3）成型方法。树脂镜片的注射成型是一个系统工程，涉及树脂材料、模具和注射设备等各个方面。树脂镜片在成型中由于应力的存在，会产生变形，影响其面形精度。分子取向引起树脂镜片的各向异性，光线通过树脂镜片会产生双折射现象，镜片上会产生部分彩色条纹，严重影响树脂镜片的使用性能。

4）成型材料。目前，镜头的集成度变得越来越高，体积变得越来越小，这就给树脂镜片提出了更高的要求。因此，要不断发展新的树脂材料，使未来的树脂镜片具有更好的透光性和表面耐磨性。

7.2.4　LED 导光板、条注射模具

1. 导光板的结构及应用

导光板最早应用于液晶显示器（Liquid Crystal Display，LCD）的背光模组，由于液晶显示器为非自主发光显示装置，需要有背光模组来实现其显示的目的。背光模组的作用就是给显示模组提供均匀且有方向性的面光源，其中导光板就是将点光源或线光源有效转化为面光源的主要部件。

液晶显示器件是当前发展最成熟、应用面最广、产业化程度最高、发展最迅

猛的一种平板显示器件。液晶显示器件已经广泛应用于多种文本、影像显示终端，主要应用对象包括手机、数字照相机、游戏机、车载、PDA 等产品。

（1）导光板的结构　因为液晶是一种本身并不能发光的化学物质，目前所用到的液晶面板都需要额外再增加一个背光模组来再现影像。背光模组按照光源的分布位置可以分为侧入式和直下式两类：

1）侧入式。主要特点是将线或点光源转化成面光源，其主要部件包括光源、导光板、扩散膜、反射片、棱镜膜和框架，它可以大幅提高液晶显示器的对比度和色域（如图 7-46 所示），多用于手机、数字照相机、笔记本式计算机等中小尺寸的显示器上，其优点在于轻薄、功耗低。

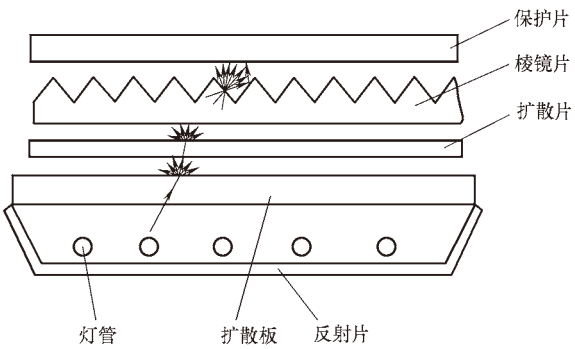


图 7-46　侧入式

2）直下式。主要特点是其光源，包括点光源和线光源，分布在液晶板的正下方，经过一定空间的混光，再配合一系列的光学膜材的扩散和增强，就可以得到比较理想的面光效果（如图 7-47 所示）。这种结构相对于侧入式的厚度、重量以及功耗都有所增加。目前，直下式背光模组多用于大尺寸的显示器件。

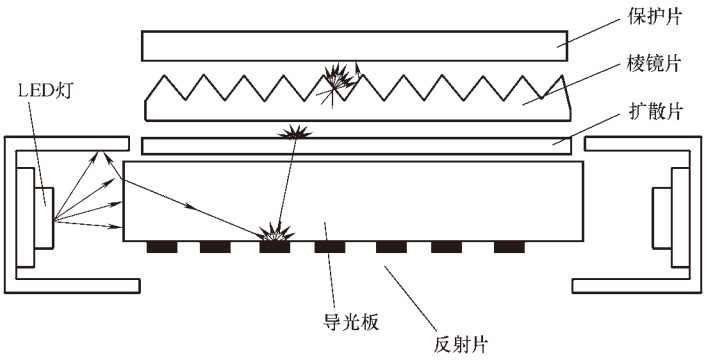


图 7-47　直下式

背光模组应用非常广泛，但不论何种用途的背光模组，其趋势都是向着寿命长、环保、薄型化、低功耗、色彩还原性好、轻量化、动态背光等方面发展。

目前，平板显示领域液晶背光模组中所用到的光源主要有 CCFL（Cold Cathode Fluorescent Lamp）和 LED（Light Emitting Diode）两种。CCFL 是一种气体放电发光器件，结构特征与日光灯相似。灯管的两端有金属电极，通常用镍、锆等金属，这些金属在不加热的情况下就可以发射电子，所以称为冷阴极。灯管内装有汞蒸气和一些惰性气体，如氢气、氖气和氦气。LED 是一种半导体元器件，它具有节能、结构牢固、寿命长、环保、色彩再现度高的特点。

大中尺寸的背光模组都是以 CCFL 作为光源端，传统 CCFL 灯管受荧光材质上的限制，红光呈现能力偏弱，加上所搭配的彩色滤光片的混色效果较差，最终呈现的色域饱和度不佳，色域范围只有 NTSC 标准的 65% ～ 75%。相比 CCFL，以 LED 作为光源端的背光模组可以获得更宽的色域空间，大大填补了液晶显示器件色彩数量不足的缺陷。色域越广显示的色彩就越丰富，最终可以获得更加真实的色彩还原。现在，以 LED（尤其是三基色混光）为背光的显示器可以达到 NTSC 100% 以上。同时，LED 作为一种固态光源，在同等照明亮度的状况下，比普通灯平均节电 40% ～ 50%。可见，LED 背光模组可大大降低功耗。

（2）导光板的作用　导光板在背光模组中主要是起传导光的作用（如图 7-48 所示），光源紧靠导光板的一侧面。假设导光板材料是聚甲基丙烯酸甲酯（Poly Methyl Meth Acrylate，PMMA）亦称亚克力或有机玻璃，其折射率为 1.49，全反射临界角为 42.2°，由于导光板材料的折射率大于空气，当光线耦合进导光板，大部分光线的入射角均大于 42.2°，光线就会在导光板内部发生全反射而不断向另一端传播。由于在导光板的底面和上表面会有一些特殊的微结构（例如网点），当某些光线射到那些微结构时，其全反射条件就会遭到破坏，光线就会从导光板的一个表面散射出来。只要在导光板的两个表面有规律地分布一些微结构，从导光板散射出来的光线再经过扩散片散射、棱镜片的聚光，最终就可以得到均匀性较高的背照效果。

随着生产技术的不断进步，导光板尺寸不断增大，厚度不断减小。导光板的厚度越小，导光性能就越差，这就要求导光板所用的材料强度高、可塑性好、流动能力强，更重要的是要求透光性能极好。目前，成型材料主要包括聚甲基丙烯酸甲酯和聚碳酸酯（Poly Carbonate，PC），前者主要用于大中尺寸、厚度较大的

导光板，后者主要用于中小尺寸的导光板，二者均具有优良的光学特性和耐气候变化特性，并且白光的穿透力极高。

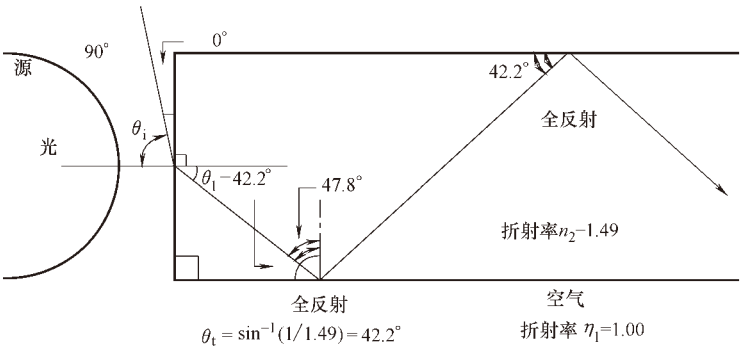


图 7-48　导光板工作原理

导光板的制作关键在于微结构分布的设计和成型参数的控制。目前，微结构的形式主要包括体散射、微光栅、扩散网点等。通常来讲，扩散网点是应用最为广泛的一种形式。

1）体散射式导光板能够将点光源或者线光源转变为均匀的面光源。通过在光学材料内部掺入一定比例的高散射微粒子，例如 SiO2 粒子，使得从侧面光源发出的光在导光板内部产生散射，并从导光板正面均匀射出。问题在于杂质粒子的浓度和分布难以控制。

2）光栅式导光板是根据光栅方程，计算实际入射角度，设计与之对应波长下的光栅周期，再利用波动光学的衍射特性，在导光板底部设置一定参数的衍射光栅，LED 发出的光会通过衍射光栅充分混合形成均匀的光照效果，以提高亮度，降低功耗。

3）在导光板的上下表面制作扩散网点是实际生产中最常用的导光板设计模式。光源发出的光线进入导光板后进行全反射而不断向远离光源的方向传播，当这些光线射到表面的扩散网点时，一条光线会散射成多条光线。这些散射后的光线一部分满足全反射条件继续向前传播，而另一部分则从导光板的表面折射出来。

散射网点的形状对光散射的影响不大，而网点的分布规律在很大程度上影响着输出光的均匀度和亮度。导光板底面的网点从光源端到远离光源端由疏到密排布，当网点等间距分布时，其直径越大，散射的光越多。网点的排布规律控制着输出光的均匀性和亮度。

（3）导光板的制作方法　导光板网点的制作方法有很多种，基本上可以分为印刷法和非印刷法。印刷法是早期制作网点的方法，它的流程较为简单，成本低，但是制作时间长、合格率低，逐渐被淘汰。非印刷法现在正蓬勃发展，其生产工艺更为先进，精度更高，相应地合格率也大幅提升，是目前主要的网点制作方法。

1）印刷型导光板网点的制作。印刷网点首先要准备好未加工的导光板，一般是用注射成型的方法得到表面平整光滑的板材或者是直接将大块的原料裁切成大小合适的板材，还要对其进行一系列的表面处理，然后在底面上印刷上形状各异的扩散点，可以是圆形，也可以是多边形。

2）非印刷型导光板网点的制作。非印刷型导光板主要通过注射成型获得。网点的制作方法取决于模具型腔和型芯的加工方式以及成型过程的参数控制，其中模具网点的主要加工方式有化学蚀刻、激光雕刻、喷砂、切削加工等。① 化学蚀刻。化学蚀刻是早期制作导光板网点的方法，它适合制作大中尺寸的导光板，因为大尺寸上的网点尺寸较大，再现性较好。该方法先将导光板网点分布图样以感光油墨或者是干膜光阻转印到已经做过表面处理的模具上，然后曝光显影，再在化学溶液中进行蚀刻。这种方法需要较大作业空间，并且制作周期长，残余液体有污染，已经逐渐被其他方法取代。②激光雕刻。激光雕刻是目前应用极为广泛的制作模具网点的方法。加工前先将已经设计好的网点文件加载到雕刻机的控制系统中，然后对准中心位置，调整到适当的高度，输入合适的雕刻时间和输出功率，运行后激光雕刻机输出的激光就会在模具表面刻出所需要的网点。这种方法快捷方便，适合中小尺寸导光板模具网点的加工制作。③喷砂。喷砂技术是最近几年发展的一项新技术，它类似于体散射原理，用特殊的喷砂设备将微小的光学散射颗粒，如 $Si0_2$、$Ti0_2$ 喷洒在模具的待加工表面并与其表面黏合在一起。这种方法得到的网点散光能力较强，传导光的能力较弱，并且网点的分布密度比较难于控制，目前多与其他方法综合使用。④切削加工。利用精密机床进行微切削加工是目前比较前沿的技术，它依赖于高端精密的加工设备，前期投资较大。模具表面通常加工成不同角度的 V 形槽。决定导光板好坏的关键因素在于设计 V 形槽的顶角角度大小、槽间距、槽深等，以提高导光板的出光效率和均匀性。

所以，目前导光板、条的成型方法主要以注射和热压成型为主。图 7-49 为 LED 导光板、条产品。图 7-50 为成型导光板的注射模具型腔。

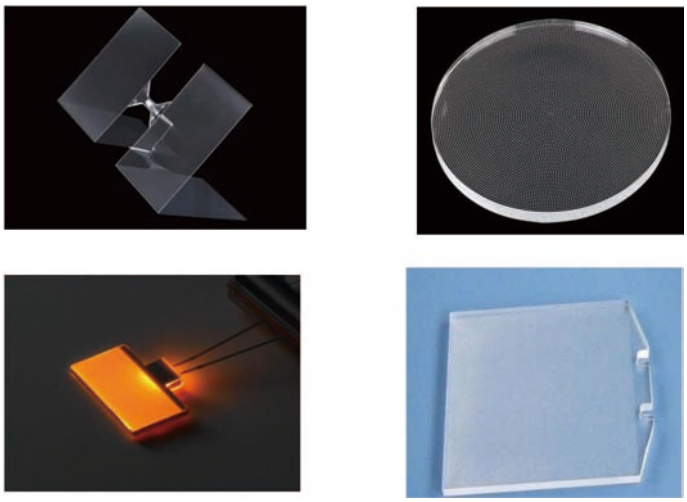


图 7-49　LED 导光板 / 条产品

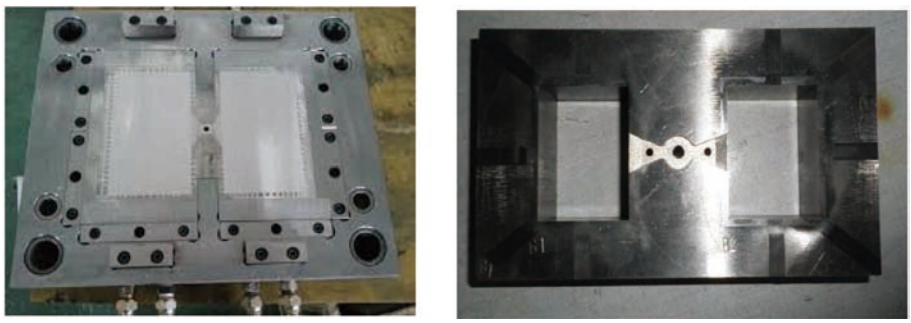


图 7-50　成型导光板的注射模具型腔

2. 发展方向和难点

目前，LED 导光板、条注射成型的发展方向和难点在于：

1）液晶屏背光模组尤其是其中的导光板作为 LCD 的关键零部件轻型化、超薄化的趋势明显，这对降低能耗，简化产品结构、减少工艺流程、节约生产成本来说意义非凡。导光板的厚度由目前的 0.5mm 减薄到 0.25 ～ 0.3mm，注射压力由 150MPa 提高到 300MPa 以上，注射机射速由 800m/s 提高到 1 200m/s 以上。随着薄壁成型制品厚度的减薄，聚合物熔体在型腔中的冷却速度加剧，在很短的时间内就会固化，而使成型过程更为复杂，成型难度更大。高压高速注射是解决薄壁件充填不足的主要途径。因此，应对高压高速精密注射机设备及相关理论进一步探究。

2）普通注射机成型导光板时，制品易出现焦黄、黑点等缺陷。螺杆是注射机的核心部件，在注射成型导光板时对塑化物料起着重要作用。导光板的材料聚碳酸酯PC熔体黏度高，熔体输送较困难且在较高温度下成型时易分解，出现气泡、黑点及表面色泽暗淡，而且力学性能显著下降，以致变脆而报废。所以，要求选用特殊设计的螺杆。目前，对专用于导光板注射成型螺杆的研究还比较少，通常都是采用渐变型螺杆和通用螺杆，通过改变工艺参数来获得要求的制品质量，所以研究导光板专用注射螺杆非常必要。

3）随着下游产品需要的改变以及人们的要求的提高，导光板的厚度越来越薄，成型条件恶劣，使得塑件成型品质难以控制，制品易出现各种缺陷，如填充不足、溢边、熔接痕、银纹、喷流纹、气泡、翘曲变形和残余应力等，同时也会因为排气不畅，出现产品烧焦和薄壁件脱模困难的问题。这些问题需要在模具设计与制造方面加以关注，即需要新的设计理念和方法指导模具设计与制造。

7.3 家用电器产业

家用电器产业是我国国民经济重要支柱产业，我国也是世界家用电器制造大国。随着《中国制造2025》和“一带一路”倡议的实施，我国家用电器产业还会有很大的发展空间。家用电器模具不仅是家用电器产业转型升级和提质增效的重要保障条件，而且由于家用电器模具（特别是塑料模具）具有复杂精密塑料模具的典型结构、功能和设计制造技术，因而成为汽车、轨道交通、航空航天等产业所用模具的技术前导和产业后备。因此，家用电器模具（精密塑料模具）仍然是我国模具产业发展的重点领域。

7.3.1 高光无痕注射模具

1. 背景与意义

为贯彻实施国家积极倡导的“绿色制造”的发展路线，实现注射生产向低碳、节能减排的方向良性发展，应大力发展绿色制造模具技术，其中，高光免喷涂模具是绿色制造模具的重要发展方向。

高光免喷涂模具技术是通过提高模具表面温度消除产品表面因熔接痕、波纹等引起的外观质量缺陷，实现产品表面无须涂装即可拥有镜面效果，从而达到绿色、环保制造的目的。高光家用电器产品外观效果如图7-51所示。

图 7-51　高光家用电器产品外观效果

2. 工作原理

高光免喷涂模具在注射前，模具的成型部分需要升温至 90 ～ 120℃，从而使射入的熔体在填充过程中保持均衡的温度、较强的流动性、较小的压力降，从而消除熔接痕、气痕等缺陷，使制品表面实现高光亮度。型腔填充完成后，加热系统与冷却系统进行切换，在模具冷却系统的作用下，制品快速冷却固化，温度降低至顶出温度以下。高光免喷涂模具定模型腔部分如图 7-52 所示。

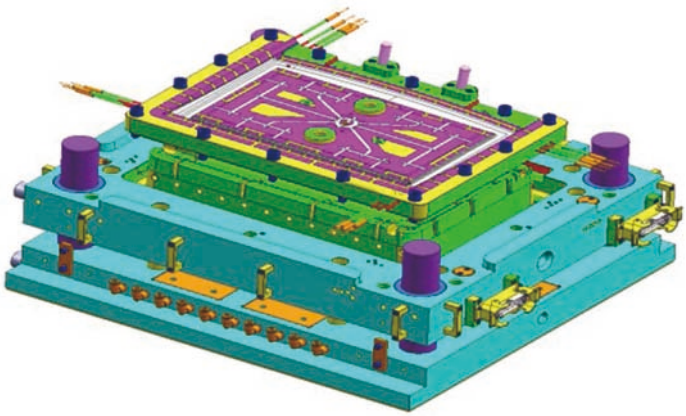


图 7-52　高光免喷涂模具定模型腔部分

3. 关键技术

高光免喷涂模具的关键技术包括模具控温绝热结构、制件塑料材料性能提升、提高模具型腔表面温度的方法等。

4. 研究内容及阶段性成果

模具控温隔热结构需满足模具型腔与模架和外部环境具有好的绝热性能的要求。加热时，最大限度地减少热量损失，提高型腔的温升速度；冷却时，型腔能

够快速冷却，缩短注射生产周期。隔热结构设计要点主要包括模具成型零件采用镶拼式结构，与模架零件采用减小接触面积的平面定位，模架与注射机台板接触的模具表面设计隔热板，减少热传导的热量损失。模架外表面覆盖隔热板，减少辐射的热量损失。

制件塑料材料性能要满足高光免喷涂工艺的需求。高光塑料材料的性能要求包括以下几个方面：①材料的流动性要好，以便更好地复制型腔镜面，降低流动剪切效应，改善流体的熔接性。②塑料材料的光亮度要好，满足高光表面的要求。③材料的热稳定性要好，不易产生挥发物，特别是对于阻燃级材料，提高耐热性、减少挥发物，可以防止腐蚀模具、减少制件表面白雾的产生。④需有一定的耐磨性，根据产品表面的使用情况，对于有高表面硬度要求的制件，铅笔硬度应在 H 以上。⑤塑料材料需要具有较好的强度，可满足产品所要求的跌落测试和其他功能测试。

提高模具型腔表面温度的方法主要有高温油加热、蒸汽加热、电加热等加热方式。

1）高温油加热方式是以高温热油为介质，在模具上做均衡的油路，当模具空腔的时候便开始注入热油，使模具型腔位置达到设定温度，保证成型材料快速填充型腔，在注射机完成保压后，将热油变换为冷油，从而快速降低温度，模具温度很快下降到设定值后开模，完成整个注射过程。

高温油加热方式的优点是控温范围大，可实现 0 ～ 350℃的温度控制，载热量大、热稳定性好。但是，导热油需更换和防火，存在冷却速度慢、设备投入大等问题。

2）蒸汽加热方式以高温蒸汽作为介质，模具内部设计均衡的管道，加热时通入蒸汽，冷却时切换为低温水，实现模具表面的加热或冷却（蒸汽加热前一般还需要用压缩空气将管道吹干）。高温高压蒸汽加热系统可使模具表面最高温度达到 160℃。蒸汽加热方式主要用于大型制品的高光免喷涂模具，但由于生产过程中蒸汽不可循环利用，需要安装锅炉设备和铺设管道等，致使其运行成本偏高。

3）电加热方式是在模具成型零件内安装电加热元件，对模具型腔进行快速加热的方法。型腔的冷却通过模具型腔设计随形冷却水路来实现的。模具温度通过感温元件和控制柜进行控制，与注射机的控制装置联动。该方式的优点是加热速度快，可以分区域加热，加热温度可以根据工艺的需求设置；缺点是模具成型零件冷热变化快，应力集中易开裂。在模具结构设计时，应充分考虑零件的强度问题。

5. 未来研究方向

重点研究高光免喷涂模具技术低成本快速新型加热方式，以提高生产效率，降低生产成本。如高频电磁感应加热方式，它是一种新型的加热方式，利用电磁感应原理使工件的温度升高。由于集肤效应，在工件表面上产生的涡流最强，而在内部很弱，到心部接近于零。因为这种方法可对工件表面至趋肤深度范围加热，因此，体积小，升温速度快，加热速度在 20℃ /s 以上。表面加热完成后，再搭配快速低温冷却设备，可达到模具表面快速加热、冷却的效果，实现变模温控制。此项技术已在中小型、扁平制品的模具上得到应用，对于深腔、大弧度的产品因受到加热器形状的限制，该技术的应用还需开展进一步研究。进一步简化模具结构，提高模具寿命和可靠性，降低模具成本。研究新型高光塑料，提高制件的表面硬度，拓展高光免喷涂技术的推广应用范围。

6. 产业化与应用

高光免喷涂模具技术在家用电器产品的生产中得到广泛应用，如平板电视前壳、底座、后壳，空调挂机面板，冰箱透明件等。通过进一步研发，在电子、汽车等产品上也会有推广应用的空间。

7.3.2 多层旋转注射模具

1. 背景与意义

多层旋转注射模具主要应用在大型双物料注射成型工艺上，实现大型双物料制件的连续生产。双物料制件能够为家用电器外观带来双色效果，高端大气，深受消费者的喜爱。双物料制件的利润率达 30% ～ 40% ，是传统制品的 6 ～ 8 倍，经济效益显著。传统工艺采用黏接、喷涂等手段，效率低，污染环境。双物料工艺通过一次成型避免了粘合剂等有毒物质的使用，满足绿色环保要求。

2. 技术简介

双物料注射成型原理是将两种不同的塑料在两个注射机料筒内分别塑化，通过注射机顺序注射和模具型腔转换，将两种熔料分别注入模具型腔，成型出表面具有两种颜色的塑料制品。大型制件采用双物料注射工艺存在制品变形、熔接痕等表面缺陷、可靠性差、寿命低等行业难题，对注射机、模具结构、制件原材料、注射成型工艺都有特殊要求。

大型双物料注射制件通常采用转塔式注射机生产，国际上最有影响力的设备厂家是 ENGEL 和克劳斯玛菲两大品牌。ENGEL 转塔式注射机如图 7-53 所示。

图 7-53　ENGEL 转塔式注射机

模具采用多层旋转式结构，由两副定模相同、动模不同的模具沿注射机开模方向并排安装在注射机中，两套模具按倒装形式设计，成型单色半成品的模具动模和成型双色成品的模具动模分别安装在注射机动模板和定模板上，两定模分别安装在位于注射机中间转塔的垂直模板两侧。注射机两料筒分布在注射机两侧，从注射机定模板和动模板两个方向注射。注射成型单色半成品后，转塔水平旋转，带动模具两定模在水平面进行旋转换位 180°，合模后成型双色成品。多层旋转式模具结构图如图 7-54 所示。

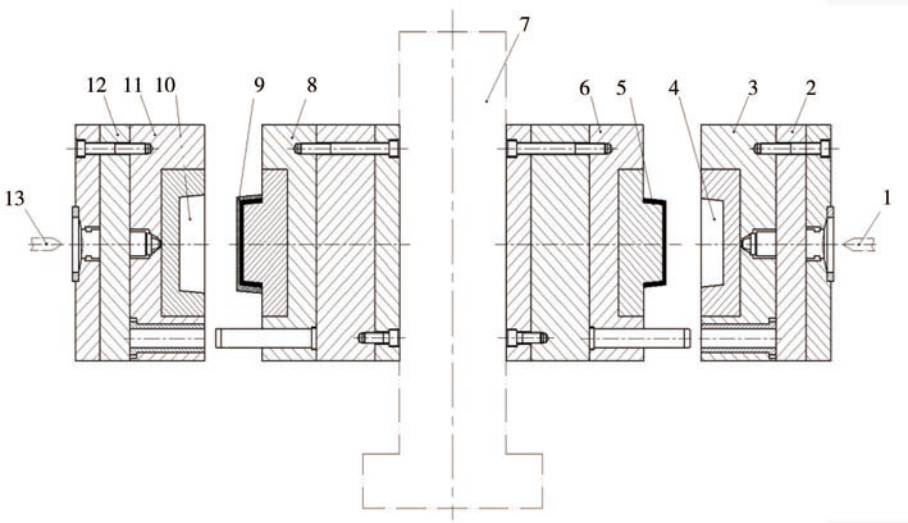


图 7-54　多层旋转式模具结构图

1—喷嘴　2—热流道板　3—定模板　4—型腔　5—半成品　6—动模板　7—转塔
8—动模板　9—成品　10—型腔　11—定模板　12—热流道板　13—喷嘴

3. 关键技术

多层旋转注射模具的关键技术包括双色制件外观工业设计、双色外观原料配色、多层顺序阀式热流道系统、模具结构创新、注射工艺控制、模具型腔加工工艺和生产环境的无尘化等。

4. 研究成果

双色制件外观设计和控光工艺体现了高端产品工业设计水平，能够充分发挥双色外观的优势。在产品外观造型上，利用光学折射原理，采用专业 3D 设计软件，结合工程样机的光学效果验证，实现高端的外观效果。双色外观原料配色也非常重要，有些外观效果采用标准料是无法实现的，独特的材料配方和配色能够达到特殊色彩外观效果。

大型双物料制件一般包括内层和外层两部分，外层为透明材料，内层为不透明材料，由于外层和内层塑料按先后顺序进行注射、冷却、固化成型，彼此之间产生相互作用的应力，容易引起制件的变形。表面积较大的制件采用多浇口注射充填，容易产生熔接痕、流纹等缺陷。模具采用多层顺序阀式热流道系统对内、外层分别进行注射填充，首先采用 CAE 模流分析对内层、外层进行流动分析，确定浇注系统设计方案，通过合理的浇口位置、数量和参数，实现型腔的流动平衡。同时，配合模具型腔温控和冷却方案，解决制件的变形问题。采用顺序阀式热流道结构、排气系统的设计实现浇口的顺序充填，解决熔接痕、流纹等缺陷。外层热流道系统如图 7-55 所示。内层热流道系统如图 7-56 所示。

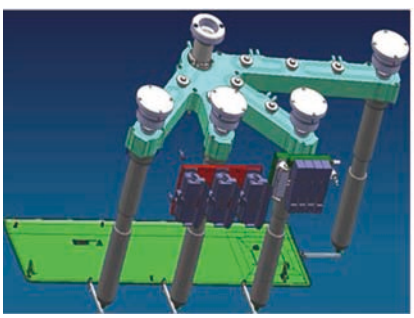


图 7-55　外层热流道系统

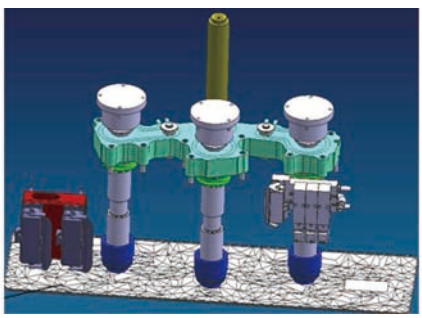


图 7-56　内层热流道系统

多层旋转注射模具采用倒装模架、半成品型腔定位机构、精密定位系统，可以解决模具结构复杂、动作可靠性、寿命等难题。半成品型腔定位机构如图 7-57 所示。

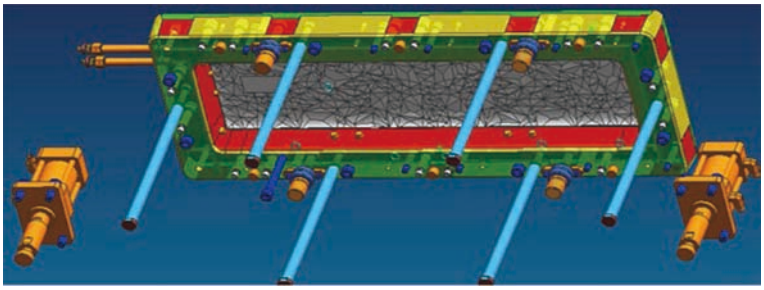


图 7-57　半成品型腔定位机构

在注射工艺控制方面，在模具型腔的热流道浇口处以及塑料熔体的流动末端都设有压力传感器，通过压力传感器感知塑料熔体的充填压力。压力的大小与制品的收缩有直接影响，压力太大，制品与前模形成高真空度，不容易脱模；压力太小，制品的收缩率太大，制品与前模形成间隙，在透明件旋转的过程中，容易掉落或者注射夹料（内层塑料注射时进入外层塑料收缩后产生的间隙中）问题。双物料制件外观高亮，轻微的表面缺陷在视觉上都比较明显，主要是由于空气中的粉尘颗粒、型腔镜面的橘皮纹、镜面划痕等原因造成的。高端产品的双色制件要求在无尘环境下注射生产，严格控制空气中的粉尘数量，同时，模具尽量采用无油处理，保障型腔面的洁净度。

5. 产业化与应用

多层旋转双物料注射模具主要应用在较为平整制件的生产上，如 LCD 电视前壳。近年来，该技术在大型、深腔、复杂形状的双物料制件的应用上也实现了技术突破，具备了向家用电器、汽车等行业推广的条件，如对开门冰箱门饰条制件，腔深 150mm、长 1 400mm，采用多层旋转注射模具技术。一模两腔结构，制件的变形、熔接痕、流纹等注射缺陷都得到很好地解决。模具重达 15t，连续生产动作可靠，制件的各项技术指标均能满足高端冰箱的质量要求。多层旋转注射模具在高端冰箱门饰条上的应用如图 7-58 所示。

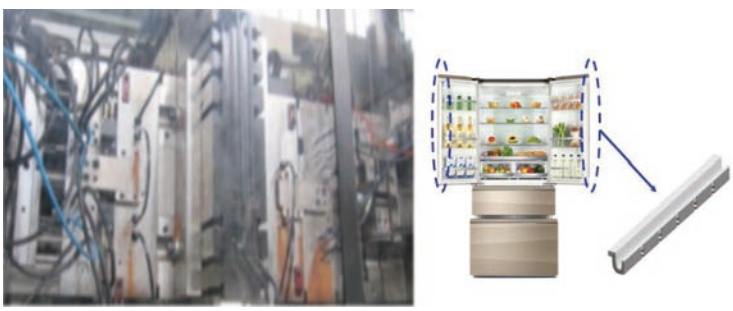


图 7-58　多层旋转注射模具在高端冰箱门饰条上的应用

6. 未来研究方向

产品造型的复杂化使多层旋转双物料注射模具向大型、深腔、高亮、控光的方向发展，未来，在 CAE 模流分析专业化定制开发，塑料材料、新型模具结构、注射工艺控制等方面还需要进一步研究，形成该技术完善的知识体系，促进在家用电器产品上的推广应用。

7.3.3 模内转印注射模具

1. 背景与意义

消费者对产品外观个性化需求日益旺盛，市场需要能够快速、低成本地提供多种外观产品的技术，实现产品快速迭代。模内转印注射模具技术不仅可以满足用户的个性化定制需求，而且能够替代喷涂、电镀等传统有污染的工艺，实现绿色制造。同时，与传统工艺相比，制造成本也大幅度降低，如采用模内转印工艺的滚筒洗衣机旋钮灯罩制件单件价格 2.9 元，而采用传统工艺生产的制件单件价格 5 元，价格下降 42%，按洗衣机年产 100 万台，可节约成本约 210 万元。

2. 技术简介

模内转印注射模具的原理是在模具的定模和动模之间吸附有凹版印刷或数码彩色打印制成的膜片，注射过程中，将膜片表面的油墨层转印到制件表面，生成制件的外观图案。

模具采用倒装式结构，配备自动送膜机、离心泵吸气机构等特殊装置。通过自动送膜机自动送膜，由模具夹持机构夹持膜片并起到密封作用，离心泵吸气机构通过气槽将膜片吸附在凹模型腔，然后合模注射，将油墨层转印到制件上。模内转印注射模具的生产现场如图 7-59 所示。

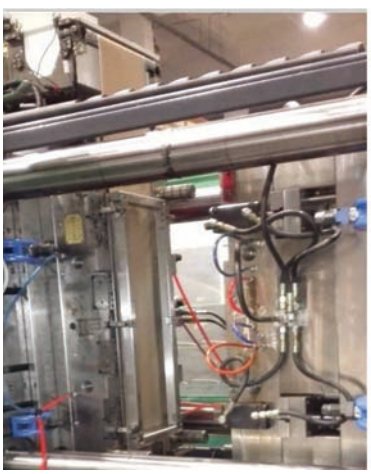


图 7-59　模内转印注射模具的生产现场

3. 关键技术

模内转印注射模具的关键技术包括转印膜片材料及印刷工艺、膜片自动传输和精准定位技术、新型模具结构、带膜片注射的 CAE 模流分析、CAE 膜片拉伸性能分析等。解决模具生产过程中膜片易开裂、拉断、油墨脱落以及图案定位不准确等问题是模内转印的技术关键。

4. 研究成果

转印膜片的材料和印刷工艺长期以来被德国、日本企业技术垄断，主要用于汽车、家用电器、电子等领域的高端产品。国产膜片的技术尚不成熟，需要进一步研究开发。近年来，该领域的国内领军企业通过产业协同，加大研发投入和产业化推广，技术上取得了长足进步，所研制的国产膜片图案效果逼真，亮度、耐磨性等技术指标均达到国际先进水平，而膜片的交货期已超过国外水平。而且相同形状的膜片国产化价格比国外产品低 50% 以上，大大降低了膜片的采购成本。

模内转印注射模具生产需采用自动送膜机将膜片输送进模具，通过伺服电动机驱动输送辊实现膜片的自动传输，由传感器精确控制传输的进给量和膜片自动装夹定位，保证实现批量连续性生产。长期以来，国内送膜机的研制水平较低，主要是控制精度达不到国外设备水平，制约了模内转印工艺在高精度制件上的推广和应用。目前，国内企业在高精度自动送膜机的研发方面加大投入，送膜精度不断提高，研制的新一代自动送膜机的整体水平已达到国外同类产品的技术水平。

为满足模内转印注射的技术要求，需采用新型模具结构，包括倒装式模架、膜片夹持吸附结构、排气结构、动作机构等，以实现膜片传输、定位、吸附、排气、充填、顶出等生产过程。目前，国内在模具结构方面，通过创新设计完全能够满足精密零件的模内转印工艺要求，达到国际同类模具的先进水平。

模内转印注射对模具浇注系统的设计要求非常高，因塑料熔体的流动状态直接影响膜片油墨层的转印效果，如料流产生熔接痕，则会在制件表面清晰反映出来，而料流前端形成包围区域，膜片就会起皱。上述缺陷在产品和模具的设计阶段就需要规避和解决。因此，模内转印的 CAE 模流分析是带膜片注射的 CAE 分析，比普通注射模具考虑的因素更多，分析精度更高。在这方面，国内缺少经验和数据积累，尚未形成材料—注射工艺参数—缺陷解决方案的数据库，分析精度有待提高。

在产品工业设计阶段，采用塑性成形 CAE 分析技术进行膜片拉伸性能模拟分析，预测可能出现的起皱、脱墨等缺陷。同时，设计膜片拉伸试验方案，验证技术应用的可靠性，上述措施有利于模内转印工艺在深腔、复杂形状产品上的应用。

5. 产业化

近年来，模内转印注射工艺的研发在我国模具行业有了重大突破，领军企业已能够提供膜片图案设计、膜片印刷工艺、自动送膜、新型模具结构、成形工艺数字化开发、标准试验验证等全流程工程解决方案，技术已广泛应用于洗衣机、空调、热水器、智能机器人等家用电器产品的外观制件上。与国外同类技术相比，实现了在大型产品外观上的应用，制件长度超过 1200mm。外观形状的复杂程度超过国外同类模具技术水平。

据企业生产数据显示，模具生产的平均质量合格率达 95% 以上，如洗衣机旋钮灯罩转印定制模具，图案重复定位精度小于 0.1mm，产品合格率 98%，生产周期 40s，产量稳定。

6. 未来研究方向

在模流 CAE 开发方面，可以通过产学研合作，二次开发专业的模内转印注射 CAE 模流分析模块，优化软件算法，集成经验数据库，提高分析精度，降低模内转印技术推广应用的风险。

在个性化定制方面，模内转印工艺采用高效图案生成技术和新型模具结构，实现产品外观图案的定制，确保个性化外观产品的快速交付和质量。转印定制技术已推广应用到冰箱、空调、洗衣机等家用电器产品的外观定制领域，可以满足用户对产品外观的个性化需求。

在新型模内转印工艺方面，国家家用电器模具工程技术研究中心采用制件内表面转印技术，结合高档饰纹工艺，可以实现立体、高品质外观效果。

模内转印注射模具能够实现一套模具生产多款外观图案的产品，颠覆了传统的一套模具一款产品的开发理念，实现了产品外观的快速迭代，快速抢占市场。同时，由于模具数量减少，对模具的投入降低，产品的性价比更高。综上所述，模内转印注射模具技术有着广阔的市场前景，随着该领域的科技进步和研究成果的广泛应用，必将成为所有以模具技术驱动的产品领域（汽车、信息产业、轨道交通等）向绿色制造转型的技术支撑。

7.4 其他行业

7.4.1 机械制造——电动机铁心冲模

电子与信息技术正在成为智慧社会的技术核心，数据与信息的获取、处理、传输、贮存以及控制都需要各种硬件与处理器的支持，而电动机是这些硬件与处理器传动以及控制系统中的重要组成是部分。电动机的种类很多，仅旋转电动机

就分为控制电动机、功率电动机、信号电动机等，其中控制电动机又分为伺服电动机、步进电动机、力矩电动机、开关磁阻电动机、直流无刷电动机等，功率电动机又分为交流电动机和直流电动机，信号电动机分为位置信号电动机、速度信号电动机等。微电子信息行业的电动机种类有永磁直流电动机、步进电动机、同步电动机、电刷与直流有刷电动机、振动电动机、直线电动机等，涉及手机、信息处理设备计算机、软盘驱动器、硬盘驱动器、光盘驱动器、传真机、打印机和复印机等。家用电器行业的电动机有单相异步电动机（电容式、罩极式）、永磁直流电动机及单相串励电动机等。汽车行业更是如此。一辆轿车的各种电动机就多达 100 多个，包括发电机、交直流电动机、冷凝风机、空调风机、车窗升降电动机、油泵电动机、反射镜电动机、电子门锁电动机等。总之，各行业电动机种类繁多，形状规格各异，已经成为工业领域重要的机电基础器件。

发电机、电动机以及电磁动作元器件都是智能制造重要的驱动源和操作控制机构，铁心又是发电机、电动机以及电磁动作元器件的核心部件。能效是电动机类产品的重要评价指标。目前国家正在推行电动机能效领跑者计划，大力推进电动机能效提升技术。铁心是电动机的导磁体，是功能驱动部件，也是电动机能效提升的关键之一。叠片式的铁心是常用的电动机磁体，电动机的结构和类别的不同，其叠片式铁心的结构差异也很大，铁心的制造工艺也就不同（如图 7-60 所示）。

图 7-60　电动机铁心及冲片

叠片式的铁心主要由高速级进冲模生产（如图 7-61 所示），其设计结构特点是冲裁与装配精度要求高、工位数多、冲压速度快、复合多功能自动化、寿命长以及高效率。冲裁与装配精度要求 0.005mm，工位数多达几十个工位，冲压速度 300 次 /min 以上，模具中包括了计数、叠铆、旋转、链接等多种自动化工序，并且采用硬质合金材料以及多排冲压套裁等技术来提升模具寿命和效率，已经成为模具行业自动化的标志性模具种类。如某公司研制的电机铁心自动叠片级进冲模，模具在高速压力机上使用，具有自动冲压、叠片、扭槽、回转、厚度分组、安全保护和产品输出等功能，模内实现叠铆组装，铁心组合件厚度达 90mm 以上，计量监控实现了自动化、智能化。此外，具有标志性意义的电机铁心级进冲模是 2016 年某公司研制用于汽车发动机的笔形点火器铁心级进模具。该模具设计了一种非等截面铁心在级进模具中的冲裁方式，在级进模具中两个工位内实现 12 种不同截面铁心冲裁技术。模具采用伺服电动机驱动精密丝杠进行凸、凹模移动，实现控制凸、凹模在不同位置冲出不同宽度截面，模内叠铆组装和自动出件。采用移动式凸、凹模技术和两组凸模任意组合多种片型，解决了由于片型大导致级进冲模过长、送料稳定性差等难题，获国家发明专利和实用新型专利各 1 项。

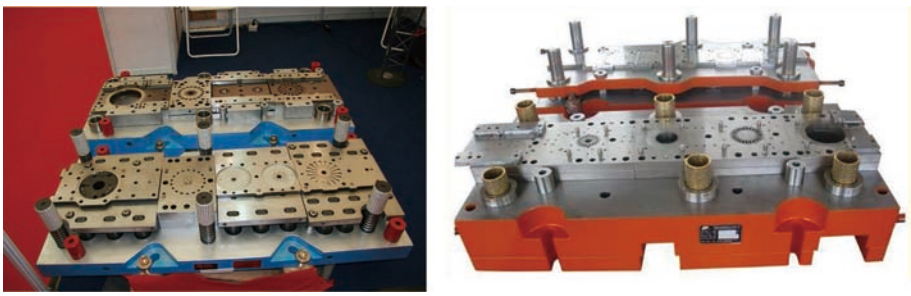


图 7-61　电机铁心冲片级进模

铁心生产冲压工艺走过了从单工序冲到复合冲再到多工位连续冲，又到多列多排自动计数、扭角和叠铆等多工序自动化组合冲压的漫长发展过程。目前，铁心级进冲模正在向微特以及特大型方向发展，如大型铁心自动叠片级进模，三列铁心自动叠片级进模、铁心双回转自动叠片级进模、双列铁心大回转自动叠片级进模等。某公司研制的 Y2-255 芯片套裁大型级进模具，用于工业电机铁心片产品。该模具长度 3m，重量 10t，制造精度 5 μ m，在 4 000kN 高速压力机上使用，冲速达 100 冲次 /min，使用寿命 5 000 万冲次以上。该模具主要特点是一模多列，套裁和自动化程度高，在一副模具内能同时生产 2P、4P、6P 等不同极数的落料

圆片，一模多列产品输出采用 12 条自动化装置。该模具实现了大步距高速多列套裁和节材等技术（已申请发明专利）。

随着电机铁心级进冲模的发展和技术的进步，目前我国电机铁心硅钢片冲模与国际先进水平的差距越来越小，很多指标已达到或接近国际领先水平。尽管如此，在模具的精细化、专业化和稳定性等方面仍存在差距。还有很多问题需要进一步解决，如级进冲模生产的稳定性、精密制造技术和工艺、电磁性能与新的功能要求、生产效率与寿命的提升等。

（1）级进冲模生产的稳定性　级进冲模生产的稳定性是电机铁心大批量生产的重要前提。与国际领先水平相比，国内的模具出现停机维修的概率大于国际领先水平的模具。如何通过设计改进和制造来精准地控制模具问题的发生，特别是大型薄片铁心级进冲模在冲压过程中的稳定性是国内电机铁心级进模生产企业需要解决的问题。

（2）精密制造技术和专业化　精度是电机铁心级进冲模的生命，因此，

精密制造技术和工艺是电机铁心级进冲模制造企业的核心技术。而专业化生产是企业形成精密制造技术和工艺核心技术的重要途径。目前年产几千吨乃至上万吨电机铁心冲片和组件的专业化生产企业越来越多，正在形成电机铁心的专业化生产配送中心，给电机铁心级进冲模的专业化生产提供了机遇和挑战。

（3）电磁性能与新的功能要求　电机是一个集电磁场—转子强度—转子动力学－流体场与温度场等多物理场多次迭代的综合物理装置。电机铁心归根结底是为电机获得合理的电磁性能而设计的，如何冲压出满足新型电机的电磁性能要求的电机铁心制片是电机铁心级进冲模应该考虑的。加上近年来铁心的结构变化很快，如直条结构冲片、链式结构冲片以及拼装式结构等，使模具的功能要求不断提升。所以，电机铁心级进冲模企业必须关注如何提升冲制制片的电磁性能，设计更多更先进的模具功能，实现企业技术水平的全面提升。

（4）生产效率与寿命的提升　多列高速冲压是电机铁心级进冲模提高生产效率的主要方法，然而，刃口越多。制造精度、装配精度、结构协调以及稳定性的要求就越高，这又涉及设计、材料以及制造工艺基础和工艺水平等问题，这无疑是对企业的极大挑战。另外，模具新材料的应用与制造技术，是提升模具寿命的重要手段。

电机是现代工业智能化、网络化不可缺少的产品，正在向新型化、智能化、微型化和一体化等方向发展。电机铁心是伴随着电机工业发展而发展的，我国是

电机制造大国，正在向电机制造强国迈进。因此，新型、微型、大型电机铁心的制造将极大地促进电机铁心级进冲模技术的发展。

7.4.2 机械制造——空调换热器翅片高速多工位级进冲模

换热器是空调器的关键部件，翅片又是板翅式换热器最重要的部分（如图7-62所示）。换热器中的传热通过翅片来实现，而翅片较大的传热面保证了板翅式换热器的热交换效率。通常翅片作为换热器的主要组成部分，占整个换热器体积的80%以上，具有薄壁、热交换效率高以及装配空气动力学要求高等特点。

板翅式换热器是一种高效节能换热器，具有单位体积换热面积大、热阻小及热交换效率高的优点，是低温工程的重要支撑。板翅式换热器是以压力来表征，国外产品的最大设计压力为15.0 MPa，国内的为12.5 MPa。板翅式换热器的承压能力取决于翅片材料、类型、规格及钎焊工艺。因此，翅片的制造是板翅式换热器质量的关键。

我国作为全球最大的白色家用电器生产国和消费国，现在国内大多数空调用的是翅片式换热器。试验表明，不同生产批次翅片的管式换热器的换热性能其热交换能力的差值高达8%以上。这说明，翅片的制造工艺对换热器的散热性能影响很大，而空调换热器翅片高速多工位级进冲模是实现翅片制造的主要工艺装备。

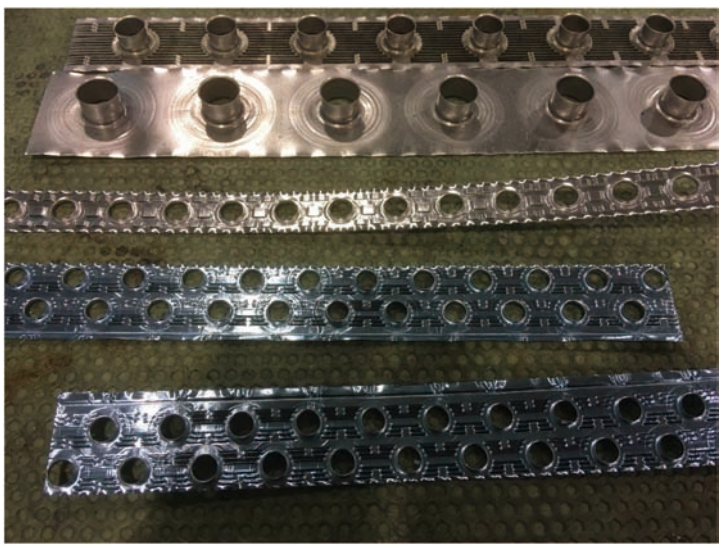


图 7-62 空调换热器翅片

翅片的材料主要为铝箔、铜箔以及不锈钢带等。目前，国际上生产最薄的铝箔为0.08mm，国内生产的最薄的铝箔为0.09mm。因为铝箔空调翅片的制造由多

次拉深加翻孔成形，拉深次数及翻孔工艺的设计难度大，而且在成形过程中其翻孔的孔边壁极易破裂。近年来，翅片级进冲模的技术水平提升很快，在模具结构、制造精度、寿命、稳定性以及制造周期等方面均有了很大的提升，模具的整体水平已达到国际同类模具水平（如图 7-63 所示）。如国内某公司生产的空调器换热器翅片级进模，铝箔厚度 0.09mm，翅片要求表面平整、无毛刺、无起皱、无开裂和塌孔，满足孔径尺寸公差 0.015mm、孔距公差 0.02mm，模具设计为 4 步进 72 列，工作刃口数为 1 728 个，即 1 728 个冲头同时精准冲压，间隙 0.008mm，12 个工位（包括多次拉深、冲孔翻边、波纹成形、中切、边切等），步距精度 0.001mm，零件刃口尺寸精度 0.000 5 μm，冲压速度 260 次 /min，并实现了 4 步进 72 列自动送料，一次刃磨寿命 3 000 万次，使用寿命可达 4 亿～ 5 亿冲次。

图 7-63　空调换热器翅片级进冲模

然而，空调换热器翅片级进模与国际领先水平相比，还存在一些差异，还有许多问题和挑战需要克服。

（1）动态精度控制及可靠性的挑战　翅片模具由于其冲裁间隙小以及刃口多而对动态精度要求极高，模具的维护性能、生产的稳定性和可靠性是翅片级进

冲模生产的重要条件。它受到模具导向机构的刚度、零部件制造精度、装配工艺与精度、受力与振动控制以及结构稳定性等多方面影响，是国内翅片模具急需提升的关键问题。

（2）高压板翅式换热器的翅片制造　换热器的压力越高，其翅片的节距就越小，冲制难度就大，也是板翅式换热器（空调）上水平的核心技术。因此，高压板翅式换热器的翅片制造工艺以及尺寸精度控制是高压板式换热器性能提升的关键，这也是我国与国际领先技术的重要差距之一。

（3）新型高效翅片研究　板翅式换热器的翅片的传热效率取决于翅片的材料和结构特征。相同的材料不同的结构，其特征热交换效率有很大的差异。所以，根据材料的特点设计合理的翅片结构是目前换热器制造企业关注的问题，微通道和新型高效翅片结构正在出现，给翅片模具设计和制造带来了新挑战。

（4）新材料带来的挑战　耐腐蚀、耐高压以及耐高温是新型翅片开发的重要方向，耐腐蚀、耐高压以及耐高温新材料的应用是解决这一问题的重要途径。如日本用铝碳纤维复合材料研发的新型高压换热器已经出现，还有石墨改性碳纤维增强聚四氟乙烯板翅式换热器和陶瓷材料板翅式换热器，这些都给翅片制造工艺提出了全新的要求，模具也要随之改变。

（5）生产效率与寿命提升的挑战　生产效率是大批量生产追求的目标，而冲压速度是提升生产效率的有效途径。翅片级进冲模的冲压速度主要受制于模具，模具的动态精度、振动、刚度以及结构等都直接影响了冲压生产的稳定性和可靠性。冲压速度越快，模具冲压的稳定性和可靠性越差，甚至会急剧下降，反而降低了生产效率。目前所用的提高步进数来提升效率的办法，效率虽有所提高，但步进数越多，送料距离和时间也长，冲压速度也就上不去。另外，目前国内翅片级进冲模寿命 4 亿～ 5 亿次，与国外相比还有一些差距，还需要从模具设计、制造精度以及材料和热处理等整体系统研究和考虑。

随着工业智能化和网络化的发展，多功能组合模具、生产线配套组合模具工装以及特大型级进模是未来重要的发展方向，也是翅片级进冲模发展的方向。而成形理论与计算机仿真技术的研究将成为翅片级进冲模设计开发的重要支撑，新型换热器的出现将有力地推动翅片级进冲模的发展。

7.4.3　航天服部件精密注射模具

2008 年 9 月 27 日，中国航天员翟志刚身着我国自行研制的“飞天”宇航服在太空中留下了中国宇航员的身影，中国成为第三个掌握太空出舱技术的国家。

当翟志刚透过头盔面窗看到太空，面对太空向中国伸出双臂时，中国航天工作者开始向太空伸出更为广阔的触角。

2016 年 10 月 17 日，承载两名航天员的“神舟十一号”载人飞船发射升空，实现了与“天宫二号”进行对接，开展多项空间科学实验与空间应用，特别是空间站运行轨道的交会对接技术和航天员中期驻留试验，考核组合体对航天员生活、工作和健康的保障能力，以及航天员执行飞行任务的能力，为我国载人航天工程战略的第三步空间站建设迈出扎实的一步。

为了探索宇宙奥秘，航天员必须穿着选用特殊材料、特殊工艺、特殊技术加工的航天服进行太空飞行，甚至出舱活动。

航天服一般由压力舱、头盔、手套和靴子组成，分舱内服和舱外服两类。头盔面窗组件是宇航员在外太空活动时观察外界的窗口，是宇航员的“眼睛”，它不仅要给宇航员提供一个清晰、良好的视野，也是保障航天员生命安全最关键的部件之一。

1. 航天服头盔面窗部件特点

（1）面窗部件产品特点　舱外航天服头盔面窗是航天员出舱活动所必需的关键部件之一，由光学级聚碳酸酯（PC）塑料注射成型，它不仅是航天员进行空间出舱活动时的视窗，为航天员的出舱活动提供必要的视觉防护和视觉功效保障。同时，面窗部件必须保障航天员口鼻区必要的大气环境，为航天员提供首要的防护功能。此外，它需要能有效减缓头盔内外热交换，防止空间热辐射对航天员头部的过冷或过热刺激，保护航天员免受外界伤害。

面窗部件产品需要兼具高性能、多功能以及在太空环境下的服役安全性。这些环境包括：极端的温度环境，±100℃下承受极端的热胀冷缩作用而无缺陷产生；零大气压环境，任何缺陷都会使航天员暴露在太空中，并将面临失压、缺氧、低温和辐射损伤等危险；太空辐射环境，没有了地球磁场和大气层的保护，宇航员会受到更强烈的辐射伤害；除此之外，航天员还可能遭遇具有足够高动能的空间碎片的冲击。因而，为保障航天员的生命安全，对面窗产品提出了很高的技术要求，这些要求包括：外观性能、光学性能、爆破强度、冲击要求、寿命要求、环境适应性、真空质量损失和残余应力等。要确保塑料面窗产品同时满足这些性能要求，对成型加工以及模具设计制造提出了很大的挑战。

（2）PC 材料特点　相对分子质量大、分子链刚硬、黏度大、流动性能差，从而造成成型性能差，制品内应力大，环境应力影响大，易变形和开裂。

（3）产品外观及光学性能要求　航天服面窗透明产品形状为椭球面薄壁制品，要求面窗产品能保持原材料的透明度，无混浊，透过面窗视物应清晰和不变形，视野范围内表面光洁，无斑纹、气孔、泛白、雾晕、黑点、变色、银纹色线、压痕等瑕疵。面窗平均光谱透过率 87%。

2. 航天服头盔面窗模具设计

航天服头盔面窗模具设计，需依据所选用的树脂材料特性、产品外观及性能要求等考虑热流道、模温控制和模具结构等方面。

（1）浇注系统　由于所采用 PC 树脂材料黏度较高，流动性较差，为保证熔体的流动性，热流道可以防止熔体在流道内的降温而保持熔体的流动性，并可在一定程度上降低注射压力需采用热流道进料。热流道具有独立的加热和温度控制系统，有多个加热和温度控制点。

浇注系统设计需依据对产品可成型性、外观等的要求，基于注射仿真分析，结合性能试验，并综合考虑充填效果、冷却效果、成型缺陷、模具结构设计及制品性能等各个方面，对浇注系统进行方案对比和优化设计。

以浇注系统对面窗产品外观的影响为例，由于面窗透明部件对产品外观要求比较高，而浇口处容易出现外观缺陷，包括浇口处起皱，浇口上方视觉变形和产品表面有细小波纹等（如图 7-64 所示），影响产品外观和光学性能。通过对浇口、流道进行多次调整试验，包括修改成扇形浇口、圆形流道、浇口处增加产品过渡段等措施，可得到外观良好的产品。

图 7-64　浇口缺陷及修改后的效果

a）试制产品浇口处外观缺陷　b）修改后的浇口流道

（2）导流槽的设置　对于面窗椭球状产品，采用侧面浇口进料时，由于型腔流动不平衡，会在浇口对面出现裹气和熔接痕现象（如图 7-65 所示）。为保

证熔体在型腔中的流动平衡，防止熔接痕和裹气，在浇口侧的对侧，即流动末端位置的型芯上设导料槽，并通过溢料口数量的增加（最多 9 个，如图 7-66 所示）、溢料槽尺寸的增长来加大导料槽的深度，以及在浇口侧两边增加溢料槽，在模具结构上保证整个充填过程的流动平衡。这不仅保证了流动平衡，从而大大降低了注射压力，而且完全避免了熔接痕和气穴（裹气）现象的发生。

图 7-65　裹气和熔接痕现象

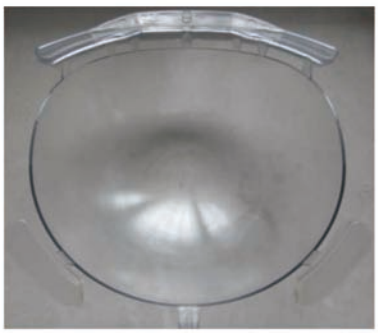


图 7-66　模具溢料口的优化设置消除裹气和熔接痕现象

（3）镶嵌式锁紧定位结构　由于所用 PC 塑料成型时所需注射压力较大，模具的定位系统需合理设计以保证型腔受力分配均匀，并且由于侧面进料，型腔内的压力主要集中在模具的一侧，为保证模具不发生偏移，在动、定模镶块的两个方向均设计为异形分型面，在动、定模的结合面采用镶嵌式锁紧定位结构（如图 7-67 所示），这种结构可有效地将模具所受的力相对均匀地分配到模具四周，防止由于受力不均匀引起模具动、定模的偏移。

图 7-67　模具镶嵌式锁紧定位结构

（4）模具温控系统　PC 塑料成型时需要较高的模具温度，以保证型腔顺利充满，并有利于降低制品残余应力。在模具结构设计时，动定模镶块均设计多条循环水路（如图 7-68 所示），保证生产时模具达到稳定的成型温度；在模具温度控制方面，通过模具型腔增加加热管道并配备模温机，保证型腔完全充满并降低残余应力，并且动定模由不同的模温机控制温度，以利于工艺调试。

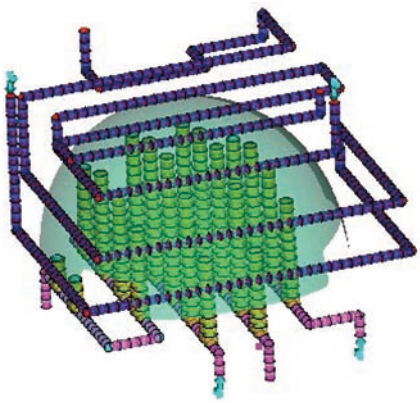


图 7-68　模具循环水路设计

（5）仿真分析应用与开发　模具设计过程中，应用专业仿真分析软件对各面窗制品的设计方案进行成型仿真分析，优选流道、浇口位置及形状大小、模具温度控制系统，确认可成型性和成型设备锁模力能满足要求。此外，为保证尺寸精度，考虑模具变形引起的尺寸变化，开发了塑料成型和模具变形一体化分析软件。塑料成型和模具变形一体化分析软件如图 7-69 所示。

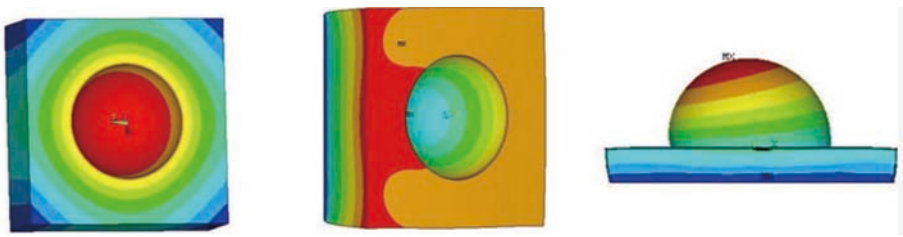


图 7-69　塑料成型和模具变形一体化分析软件

3. 航天服头盔面窗模具制造

（1）模具材料　依据成型压力、塑料类型、产品表面质量、光学性能要求等确定模具材料。模具钢采用高硬镜面钢，这是由于所选用 PC 塑料的高黏度，型腔内压力会大于 100MPa，这就要求模具材料刚性较高，避免型芯偏心导致的

制品厚薄不均和脱模困难。如果模具材料选择不合适，会引起型芯刚度不够而发生变形，导致产品的厚薄不均和脱模困难。同时，由于所选用 PC 树脂原料较硬，易造成型腔面划伤，影响制品外观。所以，面窗模具的型腔、型芯采用了某型号超级镜面不锈钢，高纯度，高镜面度，抗锈蚀防酸能力极佳，具有优良的耐磨性及抛光性能，机械加工性能较好，热处理变形小，也易于保证制品的光学性能。通过适当的热处理工艺，硬度可达 50 ～ 55HRC，并可进一步提高抛光性、耐磨性及耐蚀性。

（2）模具加工　模具加工高精度是产品尺寸高精度的必要保证条件，特别是参与成型的动模型芯表面和定模型腔表面的加工精度，直接决定了成型产品的外形尺寸、面轮廓度、平行度等尺寸精度。由于面窗制品的平行度公差为 0.05 mm，势必对模具的加工精度提出了更高的要求，也是决定模具成败的关键因素之一。依据模具材料、产品尺寸精度等，确定模具加工工艺，采用粗加工、半精加工和精加工三步加工方法，保证模具的加工精度。其中粗加工和半精加工利用加工中心、精加工利用高速铣完成。同时，需要针对模具材料的特点，选择合适的刀具、合理的切削参数以及冷却液。

为了充分发挥模具材料的抛光性能，提高塑件的外观质量，防止注射成型过程中将模具型腔、型芯冲花，模具表面划伤。在完成模具型腔、型芯粗中加工后，留出 0.8mm 余量，然后进行热处理，使模具硬度提高到 50 ～ 55HRC。热处理后的模具硬度较高，为保证精加工表面质量，需要选择做超硬加工较好的刀具及刀片进行多次重复加工，保证精加工后，成型表面的加工误差能控制在 0.01mm 内（如图 7-70 所示）。

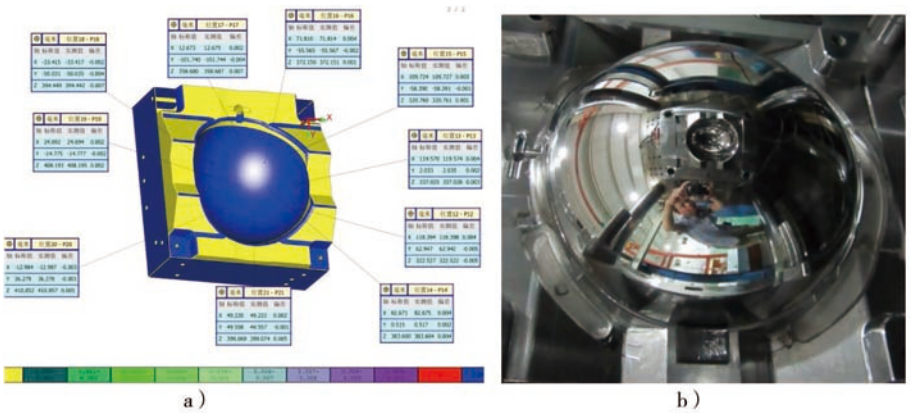


图 7-70　模具表面加工误差控制及经抛光研磨后的模具

a）模具表面加工误差控制在 0.01mm 内　b）经抛光研磨后的模具

模具型腔、型芯的抛光研磨质量，直接决定了面窗表面粗糙度及光学性能，由于产品表面粗糙度要求较高（Ra ≯ 0.02 μm，Rz ≯ 0.1 μm），对模具的抛光研磨提出了较高要求。模具抛光采用光学级标准，使表面粗糙度达到Ra0.005以上。

2008年，郑州大学橡塑模具国家工程研究中心（工程研究中心）成功研制了“神州七号”出舱宇航服头盔面窗，所研制的头盔面窗具备了高低温环境下的高抗冲击性能、恶劣环境下的防辐射能力和高光谱透过率等特殊功能，为我国载人航天工程做出了突出贡献，获得中国载人航天工程突出贡献奖（集体奖）。2016年，我国空间实验室任务取得圆满成功，首次实现了我国航天员中期在轨驻留，标志着我国载人航天工程取得了新的重大进展。工程研究中心”承担完成了“神舟九号”与“天宫一号”交会对接航天服面窗、“神舟九号”与“天宫一号”交会对接航天服面窗的研制，获得了“空间实验室任务贡献突出的外协单位”表彰。目前，工程研究中心正承担着新一代太空工作站用航天服面窗的研制任务。

7.4.4 铝合金型材挤压模具

1. 概述

铝合金具有质量轻（密度为2.7g/cm^3）、优良的耐蚀性、高的电导率和热导率以及高的可成形性、可加工性等优良特性，而铝合金型材挤压由于生产效率高、成本低，被广泛应用于交通运输业（包括汽车制造业、轨道交通业）和机械设备制造业、耐用消费品业（含轻工业）等产品制造业。

铝合金型材按用途分为：①断面复杂的大型轻量化结构件，如建筑门窗、玻璃幕墙框架、轨道交通车体构件等；②高效低成本的散热器件（铝合金的热导率大约是铜的50% ～ 60%），如各种换热器、蒸发器、加热电器、炊事用具等；③一般工业铝型材，如自动化设备框架类零件、建筑装饰部件等。由于铝型材是非铁磁性的，这对电气工业和电子工业而言是一个有益的特性。铝合金具有极高的回收性，再生铝的特性与原生铝几乎一样，是一种绿色的结构材料。

2012年，工业铝型材市场需求超过400万t。随着我国大规模的基建投资和轻量化制造技术的快速推进，铝型材全行业的产量和消费量迅猛增长，在我国现有的124个产业部门中，有113个部门使用铝制品，我国也成为世界上最大的铝型材生产基地和消费市场。未来，铝型材在工业领域的应用空间将十分巨大。

随着铝型材行业的快速发展，国内优秀的铝型材生产企业越来越重视对行业市场的研究，特别是对企业发展环境和客户需求趋势变化的深入研究，一大批国内优秀的铝型材品牌迅速崛起，逐渐成为铝型材行业中的翘楚。几种铝型材如图

7-71 所示。

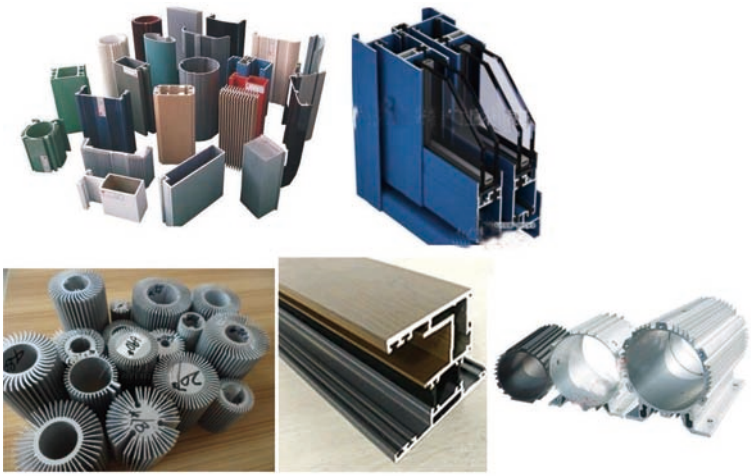


图 7-71　几种铝型材

2. 铝型材生产技术

挤压是铝型材生产的主要工艺。铝型材挤压的准备工作包括：确定产品形状、选择合适的铝合金和设计制造挤压模具。铝型材常用合金牌号为 1024、2011、6063、6061、6082、7075 等。除了常用的门窗铝型材如 60 系列、70 系列、80 系列、90 系列、幕墙系列等建筑铝型材之外，工业铝型材的成分大多按照客户的要求进行加工。

挤压过程包括铝棒在加热炉中的加热（375 ～ 500℃）、通过挤压机（挤压力 1 000 ～ 150 000kN）和装在挤压机上的模具成形铝型材。

铝型材挤压生产线如图 7-72 所示。

图 7-72　铝型材挤压生产线

3. 铝型材挤压模具

（1）模具分类　根据铝型材断面特征铝型材挤压模具分为平面模（加工非封闭断面铝型材）和分流组合模（加工封闭断面铝型材）两大类。平面模结构示意图如 7-73 所示。分流组合模结构示意图如 7-74 所示。分流模如 7-75 所示。

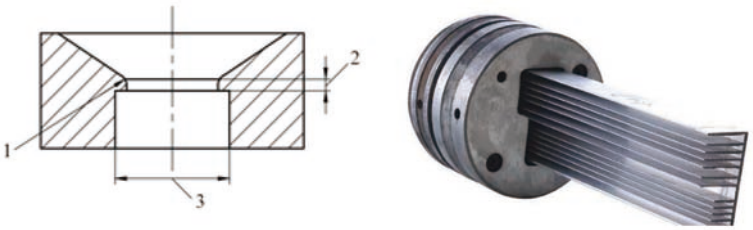


图 7-73　平面模结构示意图

1—入口圆角半径　2—定径带　3—出口径向尺寸

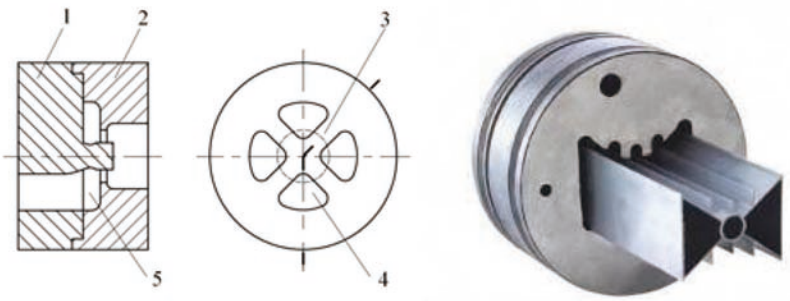


图 7-74　分流组合模结构示意图

1—芯模　2—分流模凹模　3—分流桥　4—分流孔　5—合室

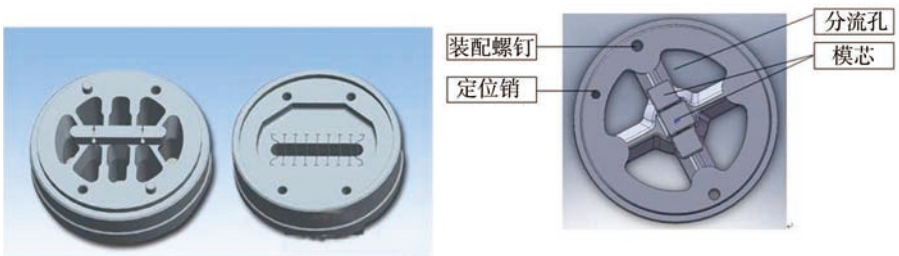


图 7-75　分流模

（2）模具设计制造技术　采用 CAD、CAE 技术对模具的结构、模具温度、模具变形进行分析，已确定导流角、分流桥的具体参数。模具一般采用 H13（4Cr5Mo Si V1）钢，热处理至 48 ～ 52HRC，经渗氮处理。分流模具实物如图 7-76 所示。

图 7-76 分流模具实物

7.4.5 医疗器械用模具

医疗器械是指单独或者组合使用于人体，能够对人体健康产生积极作用的仪器、设备和器具等，如图 7-77 和图 7-78 所示。医疗器械的使用能够对疾病进行预防、诊断、治疗，也可以对损伤部位或者残疾进行缓解、补偿，还能够对解剖过程等进行研究。在这些过程中，医疗器械扮演着重要的角色。正是由于医疗器械技术的快速发展，医生在其辅助下，能够对患者进行深入的诊断，从而对人类健康产生巨大的积极影响。

图 7-77 医疗装备

图 7-78　医疗器具

医疗器械有多种分类方式。根据使用安全性可以分为三类：①常规管理足以保证其安全性、有效性的医疗器械。②对安全性、有效性应当加以控制的医疗器械。③植入人体、用于支持维持生命、对人体具有潜在危险，对其安全性、有效性必须进行严格控制的医疗器械。根据用途还可以分为：检验诊断类、诊断监护类、医用装备类、高值耗材类、低值耗材类、家庭护理类和制药装备类等。

在医疗器械领域，高分子材料作为一种十分重要的材料得到广泛应用。它既可制成一次性医疗器械（如点滴瓶、注射器等），又能用于非一次性医疗设备（如计量器、外科仪器等），医用高分子材料领域是目前塑料工业最有发展潜力的市场之一。在实际应用中，医用高分子材料大致分为制作人工脏器、修复人体缺陷和制作医疗器械三大类。不同种类的塑料在医用塑料市场上的消费比例不同，用量排序基本如下，聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、聚苯乙烯（PS）、聚丙烯（PP）、工程塑料。同普通高分子材料相比，医用高分子材料对单体及其聚合物的锌、铅、镉、铜、钡、锡等金属离子的残留量及树脂纯度、相对分子质量分布等都有较高要求。

在高分子类医疗器械的制备和产业化过程中，决定医疗器械质量和水平的不仅是医用塑料本身的性能，在塑料类医疗器械的制备中，加工工艺和技术装备条件在塑料类医疗器械的质量和水平中起着决定性的作用。目前医用高分子材料加工医疗器械的方法主要有微注射、高速高精密注射、注拉吹成型、拉吹成型、精密挤出、多层共挤吹塑、多层共挤流延和热压成型等方式。

利用高速精密微挤出模具能够生产精密医用导管。医用导管主要特征是尺寸微小（0.5mm 至数毫米）、形状复杂、几何精度要求高、卫生指标高、生化稳定性高等。挤出成型是指将塑料熔融后送入加热的模具，使其冷却成型的过程。共挤出也是同样的过程，只是采用了多台挤压机泵送多种材料来制造产品。共挤出技术在当今医疗设备市场上的用途极为广泛，可以通过不同材料的组合来改善产

品的性能，这些改变包括更好的化学耐受性、力学性能、视觉美感以及成本的降低。由于所用材料存在差异，管件可能具有完全不同的物理性质，通过共挤出技术还可以为其增加某种需要的性质。

利用中空吹塑模具能够成型医用多层薄膜。中空吹塑成型的一般原理为将压缩空气鼓入熔融的型坯，使之横向吹胀，紧贴于模具型腔表面，经过冷却成为中空制品。根据型坯制造方法不同，可分为注射吹塑、挤出吹塑、注射拉伸吹塑、挤出拉伸吹塑和多层吹塑等。

利用真空和热压模具成型医疗器械外壳等部件。将裁成一定尺寸和形状的片材，夹在模具的框架上，让其在高弹态的适宜温度下加热软化，片材一边受热、一边延伸，而后凭借施加的压力，使其紧贴模具的型面，取得与型面相仿的形状，经冷却定型和修整后即得制品。

注射成型技术广泛应用在医疗器械加工领域，生产的医用塑料制品占整个生产量的 70% 以上，是医用塑料制品生产的最主要形式。医用注射机是以普通注射机为基础，并严格根据医用塑料制品成型的要求进行设计制造的，以满足相应的洁净度要求和卫生指标。医用产品注射成型生产时注射机的布局有：

注射机整体放置于洁净室内、只将注射机的锁模部分放置于洁净室内、仅对模具空间进行净化处理三种方案 . 目前，国内通常采用的是第一种方案，最节省洁净成本的方案应该是第三种。

我国医用塑料及医疗器械产业从 20 世纪末到 2017 年的十余年间取得了不同凡响的长足发展，应用领域也从药品、药剂包装和点滴瓶等一次性物品延伸到了外科仪器等非一次性设备。但是，由于起步较晚，我国医疗器械的生产水平仍然处于十分落后的局面，其主要原因不是材料问题，加工工艺和技术装备才是目前制约我国医疗器械水平的症结。目前，医用塑料制品的产值仅占世界医用塑料制品产值的 2% ～ 3%，人均消耗量也不到发达国家的 5%。国内企业大都没有掌握核心信息，中高档的市场仍然被国外公司占领。下面以两个典型的医疗器械为例，介绍一下医疗器械的模具成型技术。

1. 自毁式注射器零部件注射成型模具

自毁式注射器是可以自毁、不可重复使用的一次性注射器。该类型注射器在注射药物完毕后，依赖手工或机械力量，使推杆不能从针筒内抽出达到自锁，或者活塞的密封性能被破坏，或者注射器的推杆能被推断等方法，最终达到注射器被毁坏防止重复利用的目的（如图 7-79 所示）。它用技术手段纠正了注射器“只

换针头、不换针管”的不安全使用行为，消除了一次性注射器经常引发的病人交叉感染、医护人员职业不规范等安全问题以及注射器回流市场、重复使用的可能性，用经济可行的技术手段限制某些医务人员的不良行为、弥补管理上的不足。

图 7-79　自毁式注射器

自毁式注射器常见的类型：①咬合型自毁式注射器在注射器的前端或后端，设有可以咬合的装置，注射完成时，咬合设置使推杆和活塞不能回抽，从而强制自锁，达到自毁一次性使用的目的。②活塞破坏型自毁式注射器利用隐藏于活塞内的针等其他设置，注射完成后刺破或破坏活塞，从而失去胶塞的气密性，达到自毁目的。③棘齿止退型自毁式注射器在推杆上设有棘齿，锁止环卡箍在推杆上，锁止环上有刺向外套筒壁的倒刺结构，推杆带动锁止环只能向前移动，注射完成后自锁。④锁紧、破坏型（改进咬合型）自毁式注射器与咬合型相似，不同之处是，在卡锁装置上设有薄弱点或连接，注射完成实现自锁后，若强力回抽推杆，卡锁装置会在薄弱点或连接处断裂，从而破坏注射器的气密性，保证注射器不能再次使用。⑤活塞脱落型自毁式注射器注射完成后，活塞与推杆分离，活塞留置于注射筒中而自毁。⑥其他类型的自毁式注射器，如外套前端破坏型，外套前端有薄弱点，注射完成后，设在活塞前端的装置破坏外套，不能再次使用，而达到自毁目的。自毁式注射器常见的种类如图 7-80 所示。

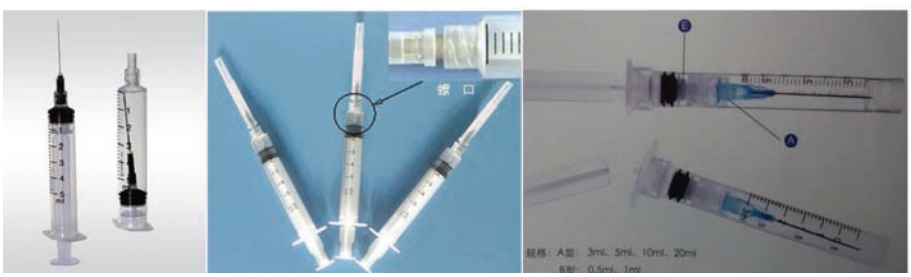


图 7-80　自毁式注射器种类

注射器零部件注射成型模具是成型注射器各零部件的重要装备。完整的注射器包括芯杆、针筒、胶塞、针座、针管、护套等，以及核心的自毁构件，诸如微型棘轮等，以上绝大部分部件均通过塑料注射成型的方法制造（如图 7-81 所示），通过设计合理的注射模具结构，可以大批量成型出满足尺寸要求的制品。在目前医疗要求的提高与聚合物成型技术的快速发展带动下，自毁式注射器的一些关键部件结构精妙、尺寸微小，涉及常规尺度塑料注射成型以及微尺度塑料注射成型，对成型模具的要求越来越高，为注射器关键零部件的成型带来新的挑战与机遇。

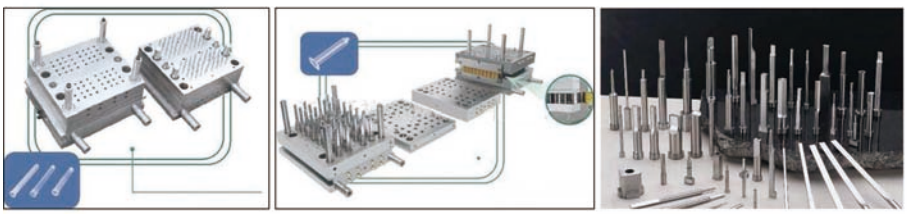


图 7-81　注射器零部件注射成型模具

自毁式注射器零部件注射成型模具的发展方向主要有：

（1）注射器采用医用无毒材料　现有注射器大都采用聚氟乙烯，科学研究表明，这种材料容易残留氯乙烯单体，对人体产生危害。因此，医用无毒的材料在注射器中应该逐步得到开发采用。

（2）可降解材料制备的注射器　常规自毁式注射器消耗量太多，消耗掉的注射器对环境影响恶劣，难以有效处理，可降解的材料应该是一个研究方向。

（3）高工作效率的注射模具　注射器需求量巨大，应该重新设计新的模具结构，满足高效率的成型要求。

（4）智能注射模具　随着信息化的发展，智能注射模具也会有越来越广泛的应用需求，能够提高成型效率与质量。

（5）长寿命的注射模具　长寿命一直是模具追求的目标，能够有效降低成本，也是需要重点研究的方向。

2. 介入医疗导管精密微挤出模具

介入医疗导管是不用开刀，通过局部开口进入人体的微细导管，是介入医疗器材的重要组成部分，揭开了医疗技术的新篇章。介入医疗导管经历了由单腔到多腔的发展过程，多数具有尺寸微小（外径≤ 2 mm，壁厚≤ 0.2 mm）、截面形状复杂、几何精度高、生化稳定性好、卫生指标高、良好的生物相容性等特点（如图 7-82 所示），这便对挤出模具的设计、制造、模具材料和挤出成型工艺提出

了更高的要求。塑料是介入医疗器材的主要材料，如聚丙烯（PP）、聚氨酯（TPU）、聚四氟乙烯（PTFE）、聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、尼龙（PA）等。这些材料多数具有化学稳定性、生物适应性、血液相容性、X 线显影性、耐蚀性、质量轻、绝缘性好、易加工和成本低等特性，以其优于金属和其他传统材料的独特性能，使其在介入医学方面得到了广泛的应用。这也使得介入医疗导管的应用得到了极大的推广。

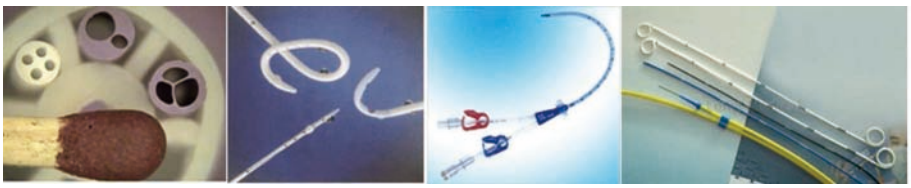


图 7-82　介入医疗导管

介入医疗器材主要包括：导丝、穿刺针、导管鞘、介入导管、各种导管接头等（如图 7-83 所示）。在介入治疗中，导丝用于介入诊断和治疗器械在弯曲血管中的导向；穿刺针是打开皮肤与血管的通道；导管鞘用于引导导管或其他血管内器具顺利进入血管，同时也用于导管的交换；介入导管有传送通道作用。介入导管主要分为血管内介入导管和非血管内介入导管，在人体内起到一个导腔的作用，在采血、投药、排液、灌流、传输血液、通过感应元件检测生物体状况、辅助导入其他医疗器具等方面作为通路被广泛应用。与传统外科手术相比，进行介入治疗，无须开刀，只需局部麻醉，开 1 ～ 2mm 的小口，具有出血少、创伤小、并发症少、安全可靠、术后恢复快等优点，很大程度上减轻了病人的痛苦，降低了手术者的操作难度，手术时间及住院时间显著缩短，费用亦明显降低，具有其他治疗手段无法相比的优势。介入医疗技术一方面取代传统外科手术治疗疾病，提供一种创伤较小的治疗手段；另一方面，使一些传统手术难以处理的疾病得以完满解决，为广大患者带来福音。这些优势致使介入导管在介入医疗领域展现出极好的发展前景和应用价值。

随着微加工技术的蓬勃发展，塑料挤出成型技术也由传统挤出成型技术向微型化方向转变，出现了塑料微挤出成型技术。在医疗等领域，微挤出成型技术在医疗导管挤出成型等方面得到了越来越广泛的应用，尤其是高效率、高附加值、低成本、连续挤出成型的介入医疗导管。其中单腔或多腔微挤出模具起着重要的作用（如图 7-84、图 7-85 所示）。介入医疗导管微挤出模具设计主要包括成型段前流道结构设计、成型段结构设计和口模截面设计三部分。微挤出模具流道局部结构几何尺寸

较大，可借鉴传统挤出模具结构设计方法，不同之处在于：挤出制品的微细特征尺寸要求模具流道内的聚合物熔体具有较高的流动平衡性，流动不平衡将直接导致制品的壁厚不均、扭曲、弯曲等缺陷；针对微细且截面复杂的挤出制品，挤出胀大对其影响较大，为减弱挤出胀大对制品的影响，口模成型段长度的计算尤为重要；同时，微挤出模具还需要口模截面设计。微挤出模具设计是微挤出成型技术的重要组成部分，其流道流变学设计、注气孔设计等直接决定着模具使用寿命和挤出制品质量。一般认为，微挤出模具应具有以下两个特点：模具微细结构部分的特征尺寸范围是 1 ～ 1 000 μm；流道表面粗糙度不大于 0.1 μm。目前，国内外学者针对微挤出模具设计方法方面的相关研究已经取得了一定的进展。

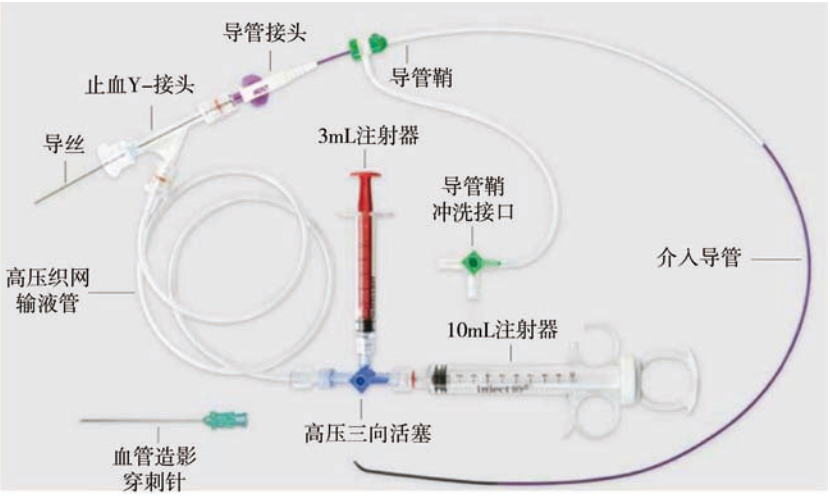


图 7-83　介入医疗器材

图 7-84　双腔微挤出模具与成型导管

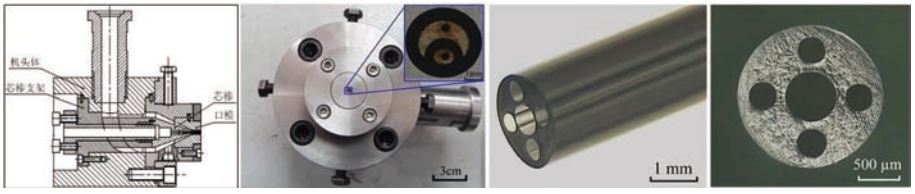


图 7-85　五腔微挤出模具与成型导管

国内介入医疗导管精密微挤出模具领域在介入导管新材料、导管成型新理论、导管成型新工艺、微挤出模具设计新方法等方面展开进一步深入研究。

（1）介入导管新材料　传统材料价格昂贵，在满足功能的前提下，可以寻找替代材料，对降低介入疗法医疗费用有重要意义。

（2）导管成型新理论　导管成型过程涉及微挤出黏弹性理论，制品变形难以预测，在导管挤出胀大变形理论方面应展开研究。

（3）导管成型新工艺　突破传统工艺方法，进一步提高制品成型质量与成型效率，新工艺的探索也是一个挑战。

（4）微挤出模具设计新方法　可以采用微挤出模具预补偿设计理论等新的设计方法，合理设计模具结构，提高介入导管成型过程的尺寸与质量控制。

为了提高我国医疗器械产品的技术水平，在高附加值医疗器械加工技术方面，尤其是在成型该产品的高端模具的设计与制造技术方面，应该展开深入的研究；医疗器械相关的新材料、新理论、新工艺、新方法等应该加大研究支持力度，推动医疗器械产业健康和快速发展。

第 8 章

我国模具产业发展措施

在全球制造业格局大调整的背景下，我国模具行业的市场前景总体上呈现出良好态势。但我国模具工业的转型升级和“由大转强”也因国内外环境的剧烈变化而面临严峻挑战。

面对中高端模具市场竞争加剧、我国模具出口增长的制约因素增加和产业转型升级难度增大等不利因素，我国模具工业必须在已经开展的“由大转强”工作的基础上，继续以做强为主线，推动创新驱动和科学发展，加快信息化进程和转型升级步伐，继续实施项目带动和出口带动战略，进一步提高模具生产的信息化、标准化、自动化技术的应用水平，促使企业管理、技术水平、产品质量、生产效益等方面都有显著进步；强化品牌建设，提升国际化程度，使我国模具工业产品精度和寿命、高档模具自给率、模具国际贸易在模具总额中的占比、人均劳动生产率等主要指标与先进工业发达国家的差距逐步缩小，进而提高我国模具在国际市场上的竞争力。

8.1 推动行业创新驱动发展

我国国民经济发展进入“新常态”的主要特征之一是发展动力由要素驱动转变为创新驱动。中共中央、国务院印发的《国家创新驱动发展战略纲要》指出：“创新驱动就是创新成为引领发展的第一动力，科技创新与制度创新、管理创新、商业模式创新、业态创新和文化创新相结合，推动发展方式向依靠持续的知识积累、技术进步和劳动力素质提升转变，促进经济向形态更高级、分工更精细、结构更合理的阶段演进。”

8.1.1 完善模具产业技术创新体系，提高技术创新能力

积极构建以市场为导向、以企业为主体、产学研用相结合的现代模具产业技术创新体系，加快工业化和信息化深度融合，把数字化、网络化、智能化、绿色化作为提升模具产业竞争力的技术基点，推进成形工艺—成形设备—模具一体化的协同创新，积极采用跨界新技术，以技术的突破支撑引领模具产业集群发展，推进模具产业质量升级。

1. 完善国家级技术创新机构建设

20 世纪 90 年代，为了提高我国制造业技术创新能力和科研成果的工程转化

能力，由国家投资，依托大专院校和科研院所建立了一批国家重点实验室和国家工程研究中心等国家级技术创新机构，其中与模具行业有关的有在华中科技大学建立的“材料成形与模具技术国家重点实验室”；原国家计委为了提升我国制造业技术创新能力和科技成果转化能力，利用世界银行贷款，在北京机电研究所建立的“精密成形国家工程研究中心”；在上海交通大学建立的“模具计算机辅助设计（模具 CAD）国家工程研究中心”和在郑州工学院（现郑州大学）建立的“橡塑模具国家工程研究中心”。进入 21 世纪，科技部在青岛海尔模具公司建立了“国家家电模具工程技术研究中心”。这些国家级模具技术创新机构一方面通过承担国家自然科学基金、国家科技攻关项目、国家科技支撑计划、“863”计划、重大科技专项等科研项目，研发出大量模具设计、制造新技术新成果；另一方面，这些创新机构把分散在大学、科研机构和国外的研究成果整合在一起，根据我国制造业发展的阶段需求进行工程转化。这大大缩短了我国模具技术研发水平与国际水平之间的差距，同时，为推动我国模具技术进步和产业升级一直发挥着关键作用。

随着我国经济体制改革和市场化速度的加快以及科研体制改革的深入，一些国家级模具技术创新机构，如国家工程研究中心由于运行机制（如按要求进行公司制改造、市场化运行）转换不到位等因素，承担国家自然科学基金等项目的数量下降，高水平科研成果不多，使得行业发展的技术辐射和技术支撑作用的发挥曾一度受到影响。“十二五”以来，模具行业发展进入“由大转强”阶段，对国家级模具技术创新机构的技术引领作用再度给予高度期盼。因此，就需要国家级模具技术创新机构按照中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《深化科技体制改革实施方案》要求，完善机构建设，创新运行机制，增强原始创新能力，在模具行业推进创新驱动发展和实施《中国制造 2025》战略中更好地发挥技术引领作用。目前，北京机电研究所的“精密成形国家工程研究中心”、上海交通大学的“模具计算机辅助设计国家工程研究中心”已经在模具产业发达的地区建立了多个分中心，郑州大学的“橡塑模具国家工程研究中心”、华中科技大学的“材料成形与模具技术国家重点实验室”在多个模具产业集聚区建立了院士工作站，在承担国家和地方科研项目的同时，为行业培养了模具数字化、信息化、网络化和智能化制造的人才。

2. 建设行业共性技术研发平台

模具的技术分类目前有十二大类，因此，模具制造业是一个技术覆盖面非常

广的行业，加之模具行业是一个以中小企业为主的行业，建设行业共性技术研发平台是提高我国模具工业共性技术水平最重要的措施。

20 世纪 70 年代以后，在原部属研究院所内设立的模具研究室（如原第一机械工业部桂林电器研究所模具研究室和机械工业部北京机电研究所模具技术研究室等）和重点工科大专院校内陆续成立的模具研究机构（如上海交通大学、西安交通大学、大连理工大学、合肥工业大学、华中科技大学、郑州工学院等建立模具技术研究所），为模具行业共性技术（如模具材料，模具 CAD、CAM 技术等）和模具分行业共性技术（如冲模、锻造模具、挤压模具、注射模具等模具设计制造技术）的研发发挥了重要作用，曾经是行业级模具技术研发和成果推广应用的中坚力量。经过近 20 年的改革发展，这部分科研机构有的因改制而撤销（如桂林电器研究院模具研究室和北京机电研究所模具技术研究室等），保留的模具科研机构除一部分整合升级为国家级创新机构外，大多也改制为科技型企业，如上海交通大学模具技术研究所有限公司、大连理工大学模具研究所有限公司等。行业平台的作用日渐削弱。

随着信息化特别是“互联网 + 模具制造”技术的发展，模具行业建设行业共性技术研发平台的呼声再度高涨，而且对行业共性技术研发平台的建设有了新的要求：一是共性技术的内容要更新，要突出信息化、网络化和智能化解决方案；二是要更新行业平台的运行机制，应体现公开、公正为前提的市场化。

1）政府支持行业协会与专业技术公司、科研机构等共同建立以信息化、网络化为工具的技术研发公共服务平台。目前中国模具工业协会与北京数码大方科技公司共同建立的“基于工业云的模具精益研发公共服务平台”项目，得到了工业和信息化部的支持，正在顺利推进。

2）推动行业级的模具技术研发机构，根据行业发展需要，按照国家的政策导向，把自己的发展方式调整到为行业共性技术研发服务的模式上来。形成覆盖冲模、锻模、压铸模、塑料模、挤压模、玻璃模、陶瓷模、橡胶模、拉制模、辊压模等 12 类模具的专业共性技术研发体系。

3）依托大型模具企业建立地区级工程技术中心，并推动其升级为行业级或国家级模具分行业工程技术中心。逐步建立起以模具主要用户行业如汽车、信息、建材、包装、医疗器械等所用的产业模具的研发、标准制定和工程应用的技术研发体系。

3. 加强企业技术创新体系和能力建设

1）大力推进大中型企业技术中心的现代化建设，以此为基础承担各级政府和企业立项科研项目，提高企业作为技术创新主体的能力。在未来 3 ～ 5 年内（“十三五”期间），中国模具工业协会评定的 178 家重点骨干模具企业要完善技术中心建设，并完成 1 项研发项目；

2）鼓励企业与大专院校、科研机构合作，在企业建立院士工作站、博士及博士后科研工作站、工程技术分中心等，提高企业研发水平和技术人员的科研能力。到 2020 年，院士工作站由目前的 3 个增加到 5 个，博士及博士后科研工作站由目前的 5 个增加到 10 个；参与上述机构工作的企业技术人员达到 300 人以上。

3）继续推动企业“高新技术企业”认定工作，各类“高新技术企业”由目前的 300 个左右增加到 2020 年的 500 个左右。

4）继续推动模具企业采用“产学研用”方式开展新技术的研发和应用。鼓励企业在开展技术开发、技术改造等活动中吸收大专院校、科研机构参加、参与，提高项目开发水平，提升项目的效率和效益。

5）帮助小微模具企业利用公共服务平台等资源开展技术创新活动。

6）实施知识产权战略，提升知识产权的创造、应用、保护和管理能力。激发企业自主创新积极性，提高科研成果等自主知识产权创建和保护意识。提高科研及成果水平，全行业每年获省部级及以上科技奖励的数量提高到 20 项以上；提高发明专利的比重，在保持年获专利授权数量 10 000 ～ 12 000 项的基础上，发明专利平均占比由“十二五”期间的 9% 提高到 2025 年的 15%。鼓励自主知识产权软件的开发、应用的同时，加大对模具设计、制造、分析软件企业的反垄断力度。

7）制定模具企业技术创新能力评价标准，开展模具企业技术创新体系建设和创新能力评价，引导模具企业根据自身发展需求，加大在以技术中心为核心的技术创新体系建设中人财物的投入，完善组织机构，创新运行机制，把技术创新能力提升真正作为企业创新驱动发展的核心动力。

4. 扩大开放和国际交流，引进国际智力

1）瞄准国际先进水平，继续开展有针对性的专题国际技术交流。把“中德模具产业发展论坛”（2004 年、2008 年，德国法兰克福）、“中美汽车模具技术交流、商贸洽谈大会”（2013 年，美国底特律）、“中 – 巴（西）模具产业发展交流会”（2014 年，巴西若因维利）办成定期性活动，并逐步扩大至日本、

俄罗斯、西班牙等国家，高效率掌握国际先进技术发展动态，为精准引进先进技术创造条件，为我国模具及技术出口打好基础。

2)积极参加国际模具组织及其活动,全面了解国际模具技术和产业发展水平。利用国际组织舞台，介绍、宣传我国模具技术和产业的发展状况及前景，促进技术交流、技术合作，提高我国模具的影响力和在国际模具界的话语权。

中国模具工业协会是亚洲模具协会联合会（简称 FADMA）发起单位，2014 年担任 FADMA 主席以来，于 2014 年在上海召开 FADMA 年会期间与 FADMA 联合举办“2014 亚洲模具产业发展论坛”，10 个 FADMA 成员（中国、日本、韩国、新加坡、泰国、印度、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚及中国台湾）介绍了各国（地区）模具技术及产业发展情况，使参会各方更深入了解亚洲模具产业概貌，促成了合作。2017 年利用召开 FADMA 工作会议机会，中国模具工业协会与昆山高新区办公室联合举办“中国昆山模具产业发展高峰论坛”，日韩模具专家作了专题技术报告，促进了我国模具企业与在华外资模具企业的了解与交流。这些活动促进了我国与亚洲模具界的交流合作，收到了很好的效果。中国模具工业协会将利用担任亚洲模具协会联合会（2017—2020 年）主席的机会，继续开展有利于我国模具与亚洲模具界间交流合作的活动。

中国模具工业协会是国际特种工装与加工协会（ISTMA，简称国际模协）成员单位，通过参加其年会、欧洲分部年会、国际模协世界模具大会等活动，与国际模具界有了广泛接触和了解，促成了我国模具企业与国际模具行业在技术、人才培训、合资生产等方面的合作。2016 年，中国模具工业协会承办了国际模协金砖国家论坛（ISTMA BRICS FORUM）；2017 年，中国模具工业协会申办成功国际模协第 16 届世界模具大会（ 16th ISTMA WORLD MOLD CONFERENCE）2020 年在上海召开。

3）利用各种渠道吸引国际上模具技术开发、人才培训等机构到我国建立分支机构；利用国家引进高端人才政策，支持企业聘请国外模具技术专家来华进行工作，争取把每两年有一人列入国家外聘专家补助，提高到每年有一人列入国家外聘专家补助。鼓励企业聘请国外模具技能人才（包括退休人员）来华工作，据不完全统计，到目前为止，有 10 个国家（地区）的 200 多名高技能人员在我国模具企业工作过，有的在华工作时间超过 5 年。

5. 继续实施“项目带动”

实施“项目带动”战略，可以使模具行业及时了解国家产业政策的调整和导

向，跟踪国际模具技术发展趋势，提高企业技术研发水平和自主创新能力。具体措施：

1）完成好模具行业承担的国家发改委“产业振兴、技术改造”项目、科技部“支撑计划”和“重大科技专项”项目和工业和信息化部“工业强基工程”项目。

2）争取各级政府有关部门加大对模具行业在模具基础理论和共性技术的研究与开发和重点企业技术改造方面的立项支持，特别是要增加按照《中国制造 2025》计划中指出的绿色制造、智能制造、互联网 + 模具制造方面的项目。

3）大力支持行业研发体系和公共服务平台项目的立项、建设与发展。

4）组织行业积极申报、承担、开展模具行业共性技术和关键技术的研究。

8.1.2 推进体制机制创新环境建设

1. 完善“政、产、学、研、用”研发机制

完善“政、产、学、研、用”研发体制，支持企业与大专院校、科研机构以及模具用户建立稳定合作的“产学研用”团队，落实“学、研”人员的待遇，明确项目实施中创建的知识产权归属。

2. 推进协同创新机制建立

大力推进模具成形技术领域的协同创新机制的建立和运行，包括：保障机制即“政、产、学、研、用”协同创新机制；模具成形（型）解决方案即成形工艺 + 成形设备 + 模具的全产业链的协同创新；模具制造与应用即产品开发与模具设计—模具加工技术—模具装配与检测—试模—模具应用与服务的模具制造技术的协同创新。协同创新机制的建立和运用，有利于推动我国模具产业迈向模具成形（型）技术领域价值链的中高端。

3. 扩大开放，增强共享、共赢意识

鼓励和支持模具行业进一步开拓国际市场，支持海外营销网络和售后服务体系建设，提高出口模具的技术含量和附加值，推进模具出口基地建设和对出口重点企业的支持力度，鼓励技术出口和资本出口。

在模具出口和产能合作中，企业要增强与模具出口地和产能合作方资源共享、利益共赢的意识。

4. 优化创新激励政策与环境

技术创新是一种创造性的社会活动，需要全社会特别是政府为创新活动建立一个完善的激励机制、保障体系和有利于创新活动的社会环境。

1）建立资金支持渠道，包括设立技术创新风险基金，保证国家项目需要的地方或部门的配套资金落实，降低技术创新过程的资金风险。

2）落实国家关于技术研发税收优惠政策。

3）建立技术创新激励和奖励机制，坚持已经执行的对创新过程形成的自主知识产权（科技成果、专利、软件著作权、论文、专著等）的奖励政策，同时要对取得自主知识产权等创新成果的参加人员在职称晋升、生活条件改善方面给予倾斜支持。

4）整合技术创新资源，营造有利于技术创新的文化、社会环境，包括模具成形相关行业间的协同创新，如锻压行业—锻压设备行业—模具行业，塑料加工行业—塑料机械行业—模具行业，铸造（压铸）行业—铸造机械（压铸机）—模具行业等行业间协同创新机制的建立。

8.2 加快推进模具产业结构调整和转型升级

8.2.1 加快模具产业结构调整

1）密切跟踪模具用户行业发展对模具市场需求的变化，建立模具产能与市场需求匹配度预警机制，指导企业的产品结构调整和产能的调整；特别关注新兴模具市场如机器人、医疗器械及健康器械、民用航空、高铁列车等产业的发展。

2）加快发展面向模具制造的现代服务业如设计公司、云编程公司、软件及服务公司等，优化模具产业结构，提高模具行业的运行效率。

3）鼓励模具企业进行以模具技术为核心竞争力的产业链延伸，进入制件、零部件生产领域，从而实现模具产业和整个制造业的产业结构优化。

4）推动建立模具行业分工协作的体系，鼓励市场竞争力强的企业建立自己的加工协作网，充分利用社会加工资源。

8.2.2 推进模具行业的转型升级

1）引导行业把企业的投资和发展的关注点从产能增加转到质量效益提升上来，推动企业从规模增长型向质量效益型转变。

2）鼓励企业走“专、精、特、新”发展道路，打造一批具有国际竞争力的模具企业，提高我国在中高档模具市场上的份额；引导中小模具企业在细分模具领域做精、做强；培育更多的模具企业成为细分行业的隐形冠军，壮大我国实现模具强国的主力军队伍。山东豪迈机械科技有限公司 2016 年被工业和信息化部评定为“制造业单项冠军示范企业”，目前是模具行业第一家，今后还要组织推

荐更多的专精模具企业参与申报。

3）推动企业的信息化、网络化建设，促进有条件的模具企业实现由制造型向制造服务型转变，由单纯提供产品向提供解决方案转变，推动模具行业在技术创新、质量提升、国际化程度、经济效益上的全面升级。

8.3 加强品牌建设

模具制造业是一个高度市场化的产业，随着经济全球化的进程加快，国际模具市场的竞争日益激烈。我国制造业的快速发展为模具市场不断注入能量，我国已成为当今世界最大的模具消费国，模具消费量高达 2 200 亿元，由此也使我国市场成为国外模具企业、外资模具企业和我国模具企业激烈争夺的战场。在相当长一段时间内，在国内外模具市场竞争中，我国模具企业除少数企业外，主要凭借加工能力和价格优势，相比国外模具主要以产品品牌和企业品牌为竞争手段，我国模具企业的市场竞争方式还处在初级阶段，不能适应日趋激烈的模具市场竞争形势。因此，我国模具行业要进行转型升级并实现“由大转强”，必须把品牌建设提到战略高度加以推进和实施。

8.3.1 充分认识从技术、价格竞争到品牌竞争的意义及重要性

品牌是知名度，有了知名度就会形成凝聚力与扩散力。因此，品牌是一种无形资产，是企业发展的软实力。相对设备厂房甚至技术这些硬实力，品牌特别是知名品牌在国际化市场竞争中越来越表现出核心竞争力的特征。因此，我国模具企业要充分认识品牌建设在企业发展中的重要性，把品牌建设纳入到企业的发展战略中，把企业的市场竞争策略尽快从技术、价格竞争转到品牌竞争中来，充分发挥品牌在企业发展中的带动作用。

8.3.2 加快推进从产品品牌到企业品牌的品牌建设

品牌建设是一个系统工程，包括品牌定位、品牌规划、品牌形象、品牌扩张等，需要根据模具产业的特点和企业的实际精心设计、稳步推进。

（1）加快产品品牌建设　产品质量和产品特色是产品品牌建设的重点，也是企业品牌建设的核心。模具是一种多品种、小批量产品，经过 20 年的质量管理和质量提升的经历，整个行业已经具备了加快产品品牌建设的基础。

（2）推进企业品牌建设　企业品牌建设比产品品牌建设要复杂得多，企业品牌的建设，要以诚信为基础，以产品质量和产品特色为核心，才能培育消费者的信誉认知度，企业的产品才有市场占有率和经济效益。

为落实国家信用体系建设战略、配合行业品牌建设，模具行业有近 80 家企业开展了“企业信用等级评价”活动，其中一汽模具制造有限公司等 42 家企业的信用等级是由中国模具工业协会评定的（AAA 级 40 家，AA 级 2 家）。这一数量相对行业上万家企业还是很小的，远远不能满足行业品牌建设的需要。因此，还需要动员更多的企业和评定机构参与这项工作。

（3）实施品牌战略　培育名牌，表彰质量诚信企业，营造有利于品牌建设的环境。

国家为了推动品牌建设，开展了“机械工业优质品牌”“中国机械工业质量诚信企业”表彰活动。模具行业组织推荐的浙江赛豪实业有限公司等 9 家企业生产的塑料模具受到表彰（2012 年），一汽模具制造有限公司等 10 家生产冲压模具的企业获得“中国机械工业质量诚信企业”（2014 年）。

在中国机械工业联合会、中国机械工业品牌战略推进委员会召开的“2017 年全国机械工业质量品牌提升大会”上，模具行业的银宝山新科技股份有限公司的模具荣获“中国机械工业名牌产品”“中国机械工业质量诚信企业”“中国机械工业质量品牌标杆”称号，天津汽车模具股份公司、昆山嘉华电子有限公司、东莞中泰模具有限公司承担的“强基工程”项目获“中国机械工业优质工程（项目）”。

模具行业正在形成品牌建设的高潮。

8.4　完善标准化体系

8.4.1　完善模具标准体系

全国模具标准化技术委员会完成了国家标准化管理委员会下达的“装备制造业重点领域标准体系研究”项目 —— 模具标准体系研究，提出了模具标准体系框架和模具标准体系表，创新性地提出了“产业模具标准”的概念并确定了与之对应的标准制定计划。

8.4.2　提高参与国际标准化工作的能力

1）分析 ISO 标准与国内模具标准的具体情况，适时提出采标计划，到 2020 年，我国 ISO 模具标准的采标率将达到 90% 以上。

2）实质性地参与国际标准化工作，已参与国际标准征求意见十多次。2017 年 4 月，全国模具标准化技术委员会在桂林承办了国际标准化组织 ISO/TC29/SC8 第 31 届年会，本次年会对扩大我国在 ISO 国际标准中的影响、推动我国模

具标准转化为 ISO 国际标准和促进我国模具行业技术进步具有重要意义。年会讨论和审查了我国参加制定的 2 项 ISO 国际标准《冲模　螺旋压缩钢弹簧或气弹簧弹顶销》《冲模　大型冲模和成形模用侧导板》和其他 3 项标准，通过了 12 项 ISO 标准的系统性复审。

3）提出中国的国际标准项目，《冲模　术语》和《铝合金轮胎模　订货技术规范》2 项 ISO 国际标准新项目通过了预审，《模具　术语》中《冲模　术语》ISO 标准开始制定。

8.4.3　建立中国模具工业协会团体标准体系

（1）中国模具工业协会标准覆盖范围

1）当前模具行业发展急需且现有模具标准体系未涉及或未覆盖的领域。

2）模具行业中满足市场需求的多学科技术集成的新产品、新技术。

3）上述领域中相关的基础标准和方法标准等。包括模具工艺方法、规范，模具产品，模具原辅材料，新技术应用，模具装备及配套工艺设备，模具制造流程，安全生产，模具贸易规则，模具行业管理和模具企业评价工作标准。

（2）中国模具工业协会标准工作原则

1）遵守国家有关的法律、法规。

2）面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善。

3）与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合。

4）参与国际间协会标准交流与合作，积极采用国外先进标准。

5）经应用验证达到国家标准或行业标准时，适时推荐、转化为国家标准和行业标准。

6）取得显著技术经济效益的中国模具工业协会标准，推荐申报政府或行业科技进步奖。

8.5　实施人才工程

8.5.1　提高人才强国战略认识

现代模具制造业是一个技术、资金和人才密集的高技术产业，属于我国七大战略性新兴产业之一的高端装备制造业。在技术、资金和人才三大要素的能力提升中，人力资源的开发一直是世界模具大国重点关注和投入的方向，并且无一例外都上升到国家层面进行统筹规划、协调实施。我国模具行业在改革开放后短短的 30 多年里就从一个技术落后、布局分散、从业人员只有数万人的辅助性行业

迅速崛起为从业人员近百万人的世界模具制造大国和出口大国（到“十一五”末）的模具行业，与我国政府在研发投入、资金保障，特别是人力资源供应方面的大力支持是密不可分的。在我国模具行业快速发展过程中，每年需要 3 万～ 5 万年轻人进入模具行业，我国教育系统是人力资源供应的主渠道，为我国模具的工业快速实现“由小到大”提供了丰富的人力资源保证，其中职业教育院校的贡献更是无可比拟。在近 20 万人受过学历教育的年轻一代中，超过 80% 来自高职高专和中职中专，并且已经成为我国模具行业特别是民营企业的技术、管理骨干。

进入“十二五”以来，我国模具行业在国务院《工业转型升级规划（2011—2015）》推动下，迈入“由大转强”的发展时期，特别是随着模具行业数字化、信息化的技术进步和广泛应用，模具制造的工艺流程不断被革新或优化，如 CAD 设计和 CAM 编程工作，正在从传统的技术领域逐步转变为模具制造流程中的一个标准工序，过去的诸多“技术岗位”也正在被新的技能岗位所代替。根据近期对我国部分大中型模具企业的调查统计，企业每亿元模具产值所配置的 CAD 设计和 CAM 编程人员大致在 13 ～ 18 人（其中 CAD 设计 5 ～ 8 人，CAM 编程 8 ～ 10 人），这就意味着在今后 2 ～ 5 年内，仅这两类技能人员的总需求量（按 2 000 亿元模具产值计算）就需要 3 万～ 3.5 万人，为高素质模具技能人才提供了巨大的市场空间。而我国目前的基础教育和学历教育体系还不能满足模具行业数字化、信息化和网络化技术进步对高素质技能人才的供应要求，导致在模具行业新一轮转型升级高潮中高素质技能人才的全面告急，不少模具企业（特别是快速发展中的民营企业）不得不把对技能岗位招人的目标放在高职高专甚至中职中专在校生身上。展示出人力资源的供应与我国模具产业实现《中国制造 2025》提出的强国目标对高素质人力资源的需求之间的巨大差距，也使“由大转强”中的我国模具工业深切感觉到“产业强必须人才强”的深刻含义。

8.5.2 建设以行业需求为导向的模具人才开发体系

培养和造就一支包括工程技术人员、技术工人和管理人员在内的高素质的员工队伍，是“十三五”期间我国模具行业所面临的一个重要而艰巨的任务。同时，提升企业家素质任务也迫在眉睫。为此，必须积极开展以提高技能和知识更新为重点的继续教育培训工作，加大对技能人才在岗培训和继续教育力度，努力建设模具技能培训网络和技能鉴定体系，加快培养一大批结构合理，素质优良的技术技能型、复合技能型、知识技能型的模具专门人才，包括高级人才和优秀企业家队伍，逐步形成与模具行业发展相适应的、比例结构与发达国家相近的人才格局。

1. 经营管理人才队伍建设

分批选送有企业工作经验的高层管理人员到工商管理学院等管理专业或EMBA进行中短期培训，建立一支懂得现代管理知识并具有国际视野的高水平管理人才队伍；培养一批了解国内外市场、熟悉国际贸易规则、懂得制造技术、善于处理和协调企业与政府关系的开拓型经营管理人才。力争到2025年，模具行业规模以上企业主要经营管理人员接受专业培训的比例达到30%。近年来，不少模具产业发达地区的政府如浙江省，有计划地支持模具企业的高管到高等院校进行MBA等专业培训，收到很好的效果。

2. 专业技术人才队伍建设

模具专业技术人才的培养目前（或今后较长时间里）主要靠高等院校和高等职业技术院校的学历教育，人员数量和综合素质还不能满足行业发展需求，特别是中小模具企业很难招聘到受过高等教育的专业技术人员。

专业技术人才队伍建设的另一个重要任务是在岗（特别是民营中小企业）技术人员的知识更新和再教育，目前还没有建立起在岗培训的有效机制。

因此，要建立专业结构、年龄结构、职称结构合理的模具技术人才队伍，必须加快我国教育体制的改革。同时，需要政府和企业共同推进模具技术人才开发和使用的长效机制的建立。

3. 技能人才队伍建设

随着模具行业数字化、信息化和网络化技术的发展和广泛应用，模具制造的工艺流程发生了很大变化，许多传统的技术岗位变成了新流程中的技能岗位。因此，建立高素质的技能人才队伍成为我国模具工业“由大转强”的关键。

1）落实《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》精神，推进国家、行业、企业三位一体的模具技能人才培养体系的改革、建设。加快建立以人才需求为导向的现代职业（继续）教育体系，为我国模具的“由大转强”提供高素质的人才资源。中国模具工业协会积极参与“2016—2020年教育部职业院校教学工作诊断与改进专家委员会”工作，推动模具职业教育持续提高技术技能人才培养质量，新设立了中国模具工业协会职业教育委员会，推动高素质模具技能人才的培养和开发，服务《中国制造2025》。

2）提高各类模具人才培训基地的建设水平，强化企业员工的在岗培训。2020年，规模以上模具企业受过专业教育、职业教育和在岗培训的人员占行业职工总数的比例达到90%以上。完善模具行业特有工种职业技能鉴定和技术人

员鉴定体系，重点骨干企业高技能人才（具有技师、高级技师能力）占职工总数的比例达到 30% 以上。

3）组织、举办各种在校学生和青年（25 岁以下）员工模具技能大赛，提高学生对模具行业的就业兴趣和青年员工的自豪感，进一步提升已开展多年的“职业院校模具专业技能大赛”的水平和影响力。

第 9 章

我国模具产业发展风险分析和政策建议

9.1 风险分析

9.1.1 技术风险

技术风险是指有可能给投资经营带来损失的技术不足、技术缺陷、技术分析或决策失误等，其主要类型是技术不足风险、技术开发风险、技术保护风险、技术使用风险、技术取得和转让风险。

我国模具行业目前存在的技术风险主要是技术创新所需要的相关技术不配套、不成熟，技术创新所需要的相应设施、设备不够完善，从而影响到创新技术的适用性、先进性、完整性、可行性和可靠性，进而产生的技术开发风险。另外，对技术创新的市场预测不够充分，不能对创新技术的市场适应性、先进性和收益性做出比较科学的预测，导致创新技术在研发阶段就存在市场应用风险。

1. 自主知识产权的关键核心技术缺乏

模具设计制造的技术如模具设计软件、精密加工技术和高档数控加工设备主要由国外所掌握，我国模具行业开展的模具技术开发仍主要以跟踪国外的技术为主，并且由于设计、分析软件的开发受到国际软件巨头的市场垄断和技术打压，高速、高精度加工技术研发和应用则受到高端数控加工设备出口限制等因素，很难形成关键核心技术自主知识产权。

2. 行业共性技术研发条件不完善

模具的共性技术主要包括模具的设计技术、模具材料与热处理技术、模具加工技术、模具装配与检测技术、试模技术、模具的使用与维护技术等。模具共性技术的研发主要应由行业研发机构（平台）完成并将技术辐射到全行业，推动整个模具行业的技术进步。相对于发达国家如德国、芬兰、西班牙等，我国模具行业共性技术研发条件建设还有较大差距。

（1）机构不完整　国家投资建立的模具技术创新机构如工程研究中心、工程技术研究中心、国家重点实验室、研究所等，由于体制改革等原因，其中部分研发机构或撤销或转型，造成模具共性技术研发体系不完整。如原机械部建立的桂林电器科学研究所模具分所、北京机电研究所模具技术研究室、上海材料研究所模具钢研究室等在模具共性技术研究中发挥过重要作用的模具技术专业研究机

构，在研究所“转企”过程中都已逐步消失；高等院校设立的模具（技术）研究所有的因课题、经费不足处于半停顿状态，有的转制为企业，有的被调整到其他机构，为行业服务的能力被削弱。

（2）技术创新模式不全面，原始创新能力弱　在我国模具行业在“由小到大”发展过程中，设计制造关键技术主要靠从国（境）外引进，因此，我国模具技术创新模式主要是引进消化吸收再创新，集成创新因涉及材料性能和成形工艺等众多因素而创新成果的数量较少。由于我国现代模具产业起步较晚，模具技术的原始创新能力更弱。

（3）研发体制及激励机制不健全，高水平科研成果数量少　由于在研发机构和企业间尚未建立起科研开发、工程转化、成果转让中风险共担、利益共享的市场化科研体制和对科研人员有效的激励机制，造成专心从事模具共性技术研发的科研人员减少，承担模具共性技术研究项目的积极性不高，导致高水平科研成果数量下降，影响了科研成果向行业、企业的辐射和转移。

（4）公共服务平台运行质量不高　近年来，在政府主导支持下，建设了一批由行业组织、企业参与的公共服务平台，其中包括模具共性技术研发、服务平台，但目前大都处于建设期，一些建设较早的也因运行机制的问题，还未能发挥预期的作用。

3. 企业自主创新能力不足

模具是一个以中小企业为主的行业，企业的科研体系和创新体制不健全，特别是因为研发投入不足、科研人才缺乏等因素，模具企业中除少部分大型企业（主要是国有企业和上市公司）外，具备技术创新主体能力的企业还比较少，技术创新的管理水平和应用水平比较低，与国际先进水平相比还存在明显差距。

4. 领先技术领域的技术开发风险

在模具网络化、“互联网 + 模具制造”技术领域，我国目前处在国际领先水平，国（境）外可供参考的研究成果不多，因此，国内进行的技术研发基本上属于原始创新，存在一定的开发风险。

9.1.2　投资风险

我国制造业的转型升级和新兴产业的发展以及国际模具市场需求，为我国模具行业发展提供了巨大的市场空间，也激发了模具行业内外企业对模具行业继续投资的高度热情。这种高度的投资热情进一步印证了模具产业作为战略性新兴产业在国民经济发展中的重要作用，有利于我国模具工业的发展，但也需要提醒其

中可能存在的风险，要引导理性投资，促进模具行业科学、可持续发展。

由于制造业特别是模具大用户行业技术进步速度和产业转型升级步伐的加快，对模具品种、规格和数量的需求的变化可以说是“日新月异”。如汽车制造中轻量化制造技术的发展和应用，使得汽车模具的品种结构几乎每年都会有大幅调整，其中塑料模具、压铸模具的比重增加最快，高强度钢板热成形模具和复合材料成形用模具也正在形成批量市场需求；技术的快速发展推动着IT、数字产品、家电等产品更新换代速度的迅速提高，也带动着这些产品制造所需模具必须进行革命性调整，如大规模集成电路封装模、引线框架冲模、手机（笔记本式计算机）照相机镜头组片注射模等精密模具结构复杂度和制造精度提高了近十倍，制造精度要求进入纳米级。而技术的升级也导致了如数字照相机的年产量由10年前的9 000万部下降到目前的不到2 000万部，平面电视出现使电视机模具使用量减少了2/3以上（相对阴极射线显像管）；模具新兴市场如医疗器械、高速列车、民用航空等产业的发展，对大型、精密模具提出新的市场要求。

投资模具产业的主要风险是市场风险、竞争风险和技术风险。

9.2 市场风险

一般情况下，模具投资项目（包括技术改造和新增项目）形成生产能力需要1～3年时间，因此，要求在投资决策时必须对投资细分市场做出详细分析和预测，缺乏精确市场预测的投资，可能造成模具细分行业的产能过剩。

9.2.1 竞争风险

1. 同质化竞争

在以产能增加为目的的投资决策时，应该分析现有行业产品结构、生产能力状况，明确自己产品的品种和档次，避免同质化竞争。

2. 外资模具企业竞争

由于外资模具企业正在调整经营策略，从原来主要服务本国（地区）的产品制造业，逐步调整到为所有在中国（大陆）的制造业服务，而且外资模具企业在许多模具细分领域都具有很强的技术、市场竞争力。因此，在分析竞争风险时必须考虑外资模具企业这个重要因素。

3. 国际模具贸易竞争

进入21世纪，我国的国际模具贸易出现快速增长，特别是模具出口在2010年超过模具进口后，2015年达到50亿美元，占当年我国商品模具销售额的近20%，不仅使我国模具出口稳居世界第一，也为我国模具发展增加了新的经济增

长点，由此也成为模具投资的新热点。

但随着我国模具制造成本的上涨、贸易成本提高和技术（高档模具的研发与制造）及非技术贸易壁垒（反倾销等）增多等出口不利因素的增加，我国目前单一的模具产品出口增长势头受到抑制；境外建厂、收购、合资等资本出口也因我国模具企业国际化程度不高和工业发达国家的海外产业链成熟强大等因素的制约，发展速度难以在短时间内提高。因此，国际模具贸易的竞争态势变化，也对模具行业投资形成不确定风险。

9.2.2 技术风险

由于我国高水平模具工业体系不完整，绝大部分模具制造关键装备如高档数控加工设备、测量设备和设计分析软件均依赖进口，制约着我国模具产业向研发设计的技术产业链延伸和制造服务业的发展。模具投资还存在一定的技术风险。

9.3 政策建议

9.3.1 支持行业技术研发体系建设

1）完善行业共性技术研发体系建设，提高研发平台运行效率和水平。

恢复或建立一批专业模具共性技术研究机构，形成覆盖模具全领域（包括技术分类如冲模、塑料模等和产业模具如汽车模具等）较为完整的模具共性技术研发体系。

2）建议各级政府有关部门加大对模具行业基础理论和共性技术的研究、开发的支持力度，增加自然科学基金、支撑计划、重大科技专项方面的立项。

3）加大对自主知识产权软件的开发、应用，特别是模具网络化、“互联网 + 模具制造”、智能制造等领先技术的支持力度，降低原始创新风险。

4）支持行业公共技术服务平台的建设与发展。加大对模具设计、制造、分析软件企业的反垄断力度。

5）积极引导企业增大研发和技改投入，鼓励企业通过承担“产业振兴、技术改造”项目和“强基工程”项目等重大项目，提高企业作为技术创新主体的能力。

9.3.2 鼓励和支持模具行业进一步开拓国际市场

1）加大对模具出口重点企业的支持力度，支持模具出口企业海外营销网络和售后服务体系建设。

2）推进模具出口基地建设，提高我国中高端模具在出口模具中的比重，落实模具出口退税政策。

3）支持模具出口企业参与“一带一路”项目建设，提高模具企业技术出口和资本出口的能力和水平。

9.3.3 支持模具产业集聚区建设

1）引导模具产业集聚区不断转型升级，树立转型升级示范区。

2）支持各地“模具特色小镇”“智能模具小镇”“模具制造名镇”等模具特色区镇的建设和发展。

9.3.4 实施品牌战略，推动品牌建设

1）加快模具行业信用体系建设，推动企业向规范化的现代企业制度转型。

2）推进模具行业产品品牌、企业品牌、区域品牌建。

3）开展质量诚信企业、优质品牌等的表彰活动，营造有利于创建知名品牌产品和企业的社会环境。

9.3.5 持续实施人才战略

1）在政府支持下，加快高等院校对高水平技术人才的培养。

2）行业参与，提高职业教育院校对模具技能人才的培养水平。

3）支持学校、行业组织、企业合作，做好模具企业技术人员、技能人员、经营人员和企业高管的继续教育、在岗培训、专题进修工作。

4）做好模具人才（或智力）引进工作。

9.3.6 充分发挥模具行业协会等社会组织的作用

1）支持模具行业协会依法（依规）开展行业信息统计、企业信用等级评价、团体标准制定、行业自律公约发布等活动，更好地发挥协会的桥梁纽带和服务会员、行业和政府的作用。

2）支持模具行业协会开展国际技术交流、举办国际会议、产业发展论坛、举办国际展览，为促进我国模具行业技术进步和产业发展服务。

3）支持模具行业协会参加国际组织及其活动，鼓励在国际模具行业组织中担任主席等职务，提高我国模具行业在世界上的影响力和掌握话语权。

附　录

附录 A　我国模具产业技术发展路线图

概　论

模具是材料成形（型）的重要工艺装备，材料在外力的作用下受模具约束并产生流动变形，从而得到所需的形状和尺寸的零件。按照成形工艺的不同，模具可以分为冲压模具、铸造模具、锻造模具、挤压模具、注射模具、拉丝模具、玻璃成型模具、橡胶成型模具、粉末冶金模具和模具标准件等。

模具一般由上模、下模和模具标准件组成，而现代大型复杂模具往往包含有独立的动力系统、加热冷却系统和控制系统，本身就是完整的制造装备。

模具技术包括模具的设计和加工技术、装配和检测技术、材料与处理技术及维修和再制造技术等，是精密成形技术的重要组成部分。模具生产具有高生产效率、制件的高一致性及较高的精度和复杂程度、节能节材等特点，因此，模具工业水平已经成为衡量一个国家制造业水平的重要标志，也是一个国家的工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。

随着成形工艺的发展和融合以及新材料的应用，新的成形工艺不断出现，如汽车超高强板热成形工艺等。因此，根据成形工艺进行的模具分类也要不断补充和完善。

目前我国每年有 5 000 万 t 金属、3 500 万 t 以上塑料、500 万 t 橡胶等材料经模具成形为制品或零件（主要是汽车、IT、OA、包装品、家电和日用品等产品的零部件）。我国材料加工行业特别是塑料加工行业，今后 10 年中仍将会保持高速发展。

汽车、IT、OA、包装品、家电和日用品等产品的零部件 90% 以上需经模具成形，是模具使用量大、要求高的行业。预计到 2020 年，这些模具的年均增速不低于 10%。轨道交通、航空航天、新能源、医疗器械、建材等行业的发展将为模具带来新的市场。成形技术的发展和新材料的应用，需要模具技术的支撑，也将促进模具技术水平的提高。

未来 20 年，模具技术发展趋向主要是精密、复杂、高效、多功能。复杂主

要指能实现智能控制的复杂模具，模具本身具有动力系统、加热冷却系统和控制系统；高效主要指模具的结构和性能能满足一模多件和高速成形等工艺要求，如多层注射模具及 2 000 次 /min 以上高速冲压多工位级进模；多功能主要指能实现多料、多工序成形的多功能复合模具，如多料注射模具、40 工步以上的多工位级进模具和同时完成冲、叠、铆等工序的电机铁心模具等。

未来 20 年，模具设计制造技术的发展目标为：

1）大幅度提高我国模具制造技术的自主创新能力和装备水平以及自主知识产权产品的比重，初步改变大而不强的局面，使我国模具制造技术与装备进入世界强国行列。

2）创造一批原创性的技术与产品。包括：模具数字化设计、制造及企业信息化管理技术、模具加工新技术等，以及与新工艺、新材料相对应的新模具。

3）模具产品满足我国重大技术装备、汽车、造船、航空航天、电子、工程机械等国民经济重要产业和战略性新兴产业的需求。

4）到 2020 年，产品精度、人均劳动生产率、生产自动化等指标达到先进工业化国家 21 世纪初期水平；2030 年与先进工业化国家差距缩短到 10 年以内，达到先进工业化国家 21 世纪 20 年代水平。

第一节　模具数字化设计制造技术

一、概述

模具数字化设计制造技术的核心是 CAD/ CAM / CAE，应用模具数字化设计制造技术可以显著缩短模具开发周期，改善产品质量，降低生产成本，提高服务水平，即可以提高模具企业的 TQCS [提供产品的时间（time）、产品的质量（quality）、产品的成本（cost）服务（service）] 水平。对于推动模具行业的转型升级和提升模具工业的核心竞争力具有深远的意义。

目前我国模具 CAD/CAM 已经普及，CAE、CAPP 已在部分企业应用。但是，和发达国家相比，我国数字化模具技术水平仍较低，而且发展不平衡。我国数字化模具设计制造技术的重点将集中在两个方面：①通过高可靠性的模具设计技术彻底改变长期存在的凭经验设计模具、可靠性无法保证的状况。②采用高效、精密的模具制造技术大幅提高模具制造的效率和精度。

到 2030 年，我国模具数字化设计制造技术总体上将达到当时的国际先进水平。

二、未来市场需求及产品

随着制造业的发展，模具交货期要求越来越短，质量指标越来越高，因此，模具的设计应具有更高的可靠性，模具的制造需要大幅提高效率和精度。新兴产业的发展要求模具工业提供新材料成形所需的精密模具，有的模具精度要求将达到亚微米甚至纳米级。为此，必须发展和应用超精模具加工技术。

传统的模具设计制造是一个凭经验和试错的过程，设计的可靠性差，制造成本高，开发周期长。为此，亟待从模具设计和制造方法上取得突破，使模具开发从经验走向科学。应用以 CAD/CAE/CAM 为核心的数字化模具技术，是解决上述问题的必由之路。

三、关键技术

（一）高可靠性的模具设计技术

1. 现状

改善产品零件的可制造性是保证模具设计高可靠性的重要前提，实现高可靠性模具设计的基础技术是成形工艺过程的精确仿真。当前的产品工艺性较差，造成模具开发困难，成形工艺仿真采用的模型为宏观仿真模型，即将成形材料视为连续介质或均匀体，不能完全反映材料的真实成形特性。目前，大多成形工艺和模具设计是基于经验完成的，模具加工、装配后需经多次试模和修改才能满足产品的成形要求。

2. 挑战

模具的智能化设计将建模、分析和优化集于一体，需考虑多学科的协同以及材料的宏观、介观和微观特性和成形过程中多物理场的耦合。

3. 目标

模具设计将在知识驱动的设计平台上进行，实现知识资源的共享，发展成形工艺过程的仿真技术和智能化的模具设计技术，实现高可靠性的模具设计，减少试模次数，最终达到零试模。预计到 2020 年，该技术将使一次试模成功率达到 90% 以上；2030 年达到 95% 以上。

（1）产品的可制造性设计技术 通过并行工程、协同设计、成形仿真等开发技术，使模具设计人员在产品开发的早期介入产品设计，将会及早发现产品零件存在的成形性问题，保证其良好的可制造性，为高可靠性的模具设计提供基础。

（2）基于知识的智能化模具设计技术　模具的智能化设计将建模、分析和优化集于一体，更加注重多学科的协同，模具设计将在知识驱动的设计平台上进行，实现知识资源的共享。不仅可以充分利用历史的设计经验和成功案例，还可以在已有的设计知识基础上衍生出新的设计知识，具有更加完美的全关联模具设计功能，从而避免设计错误的产生，实现高可靠性的模具设计。

（3）基于精确建模的成形工艺仿真技术　实现高可靠性模具设计的基础是成形工艺过程的精确仿真。未来的成形工艺仿真将建立在精确的材料模型基础上，同时考虑材料的宏观、介观和微观特性和成形过程中多物理场的耦合提高仿真结果的准确性。

（二）高效、高精的模具制造技术

1. 现状

目前高效率的模具加工技术，如高速切削和高效的电火花加工尚未得到普遍应用，其他的高效模具加工技术，例如高能束加工、快速成型技术、高效的表面抛光技术及柔性自动化模具制造技术，虽然显现出其巨大的优越性，但仍在起始阶段。

2. 挑战

在模具生产中实际使用的机床的转速将会达到 10 万 r/min 以上，机床、刀具和高速切削理论均需有所突破；超精密模具加工技术不仅要使用性能极高的加工设备，要求极高的加工环境，同时还必须考虑极微小尺寸所产生的尺寸效应和界面效应问题，以及在微纳尺度条件下的摩擦机理、热传导、精密测量与误差补偿等问题。

3. 目标

以信息技术、仿真技术和虚拟现实技术为基础，实现虚拟模具制造，在实际制造模具之前，准确预测未来模具的性能和制造系统的状态，从而做出正确的决策和优化实施方案；通过采用高效的模具加工技术、超精密加工技术、柔性自动化制造技术和基于仿真的虚拟模具制造技术，模具加工的效率比现在提高 10 倍以上，加工精度达到纳米级。

（1）高效的模具加工技术　高速切削机床和高效的电火花加工机床的加工效率大幅提高，高能束加工、快速成形技术和高效的表面抛光等技术将得到普遍应用。

（2）超精密模具加工技术　为满足制件的微米、纳米级特征尺寸或精度要求，须协调处理高性能加工设备和加工环境以及极微小尺寸所产生的尺寸效应和界面

效应等问题，实现精密测量与误差补偿，达到跨尺度高精度的控形和控性。

（3）柔性自动化模具制造技术　柔性自动化模具制造技术融合了先进制造技术、传感技术、网络技术和控制技术等高新技术，具有高效率、高柔性和高可靠性，体现了模具制造数字化和网络化的发展方向。未来的柔性自动化模具制造系统具有智能感知和自治控制的能力，将给模具生产带来重大的变革。

（4）基于仿真的虚拟模具制造　虚拟模具制造在虚拟的环境下实现模具制造过程，可以预测模具的性能和制造系统的状态。虚拟制造过程不仅可以实现制造系统仿真和加工过程仿真，还可模拟生产计划和工艺路线的执行过程，获得最佳的生产实施方案。

四、技术路线图

模具数字化设计制造路线图如图 A-1 所示。

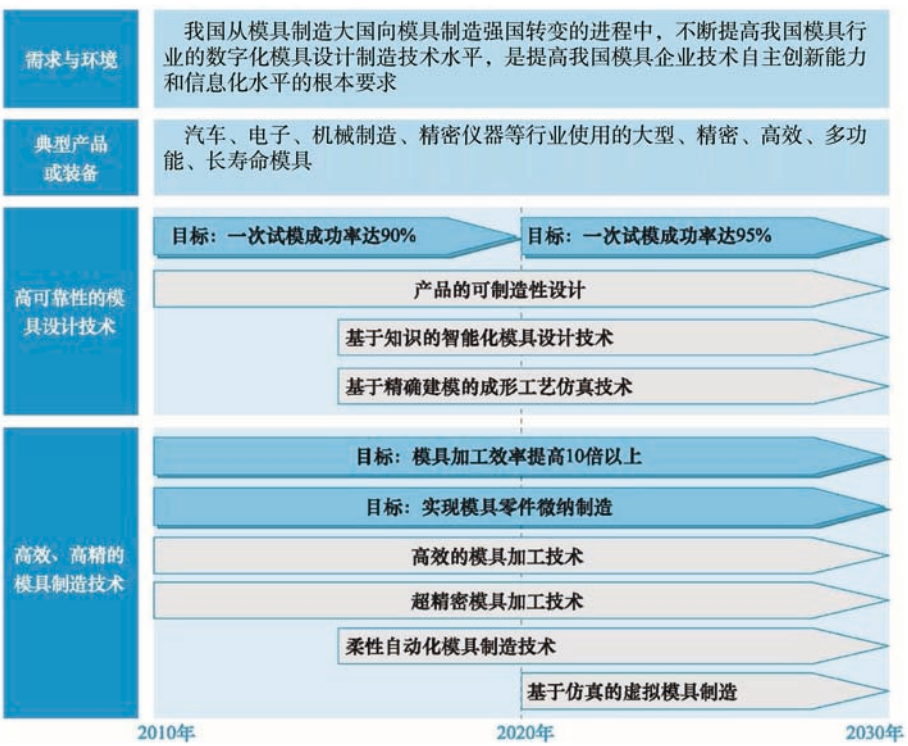


图 A-1　模具数字化设计制造技术路线图

第二节　模具材料和热处理技术

一、概述

模具材料是现代模具设计、制造的基础。由于精密成形工况条件的要求，金属材料在当前及今后相当长时间内仍是模具材料的主体，其中钢铁材料占主导地位，铜及铜合金、铝及铝合金等合金材料也开始用作模具材料。高品质、高性能、低成本将主导未来模具材料研发方向，美、日及欧洲的发达国家垄断高档模具材料研发和生产的局面将被打破。

热处理技术是提高复杂、精密、长寿命模具水平的关键因素。热处理及表面改性技术将围绕最大限度实现材料特性、降低模具制造成本、提高模具加工速度、获得稳定、长寿命模具，在大型无氧化热处理装备技术、微变形热处理工艺技术和高效清洁耐磨的表面改性技术方面将在未来 20 年内得到充分发展。

二、未来市场需求及产品

2008 年，国内模具材料产量近 60 万 t， 2015 年，模具钢的市场需求不低于 100 万 t。预计到 2020 年，在中高端模具材料市场实现完全替代进口材料目标，模具材料的市场需求将会达到 150 万 t。

将材料性能、制备技术、热处理技术进行标准化的长寿命、低成本、高品质、高性能模具材料将具有广阔的市场需求。

三、关键技术

（一）高寿命专用模具材料的开发与制备技术

1. 现状

实际工况中可选用的模具材料范围很小，基本为通用型模具材料，无法将材料特点、工况条件、使用寿命综合考虑，使模具材料无法充分发挥性能效率。

2. 挑战

将工况条件、失效特征、寿命指标与材料性能特点建立关系图，完成材料产品系列化、性能系列化、应用系列化；将材料性能与模具工况实现最佳对接，实现材料性能的最佳发挥、模具寿命的最优体现。

3. 目标

通过对模具材料的系列化开发，实现各类模具使用条件与材料性能特点的对

接，专材专用，既充分发挥材料的性能特点，又可有效提高模具的使用寿命，还可大大降低材料的生产成本。

（二）高品质优质模具材料的开发与制备技术

1. 现状

与国外模具材料相比较，国内模具材料最大的差距是材料性能的稳定性，严重制约国内模具材料在中高端模具中的使用。

2. 挑战

对材料各向同性、原始晶粒度、成分均匀性提出要求。实现冶炼、高温扩散、多向锻造、预处理全方位研究，结合生产装备现代化水平的提高，实现高品质优质模具材料的生产。

3. 目标

在高端模具材料制备技术上全面赶超工业发达国家，使国内高、中端模具材料国产化。

（三）高性能特种模具材料的开发与制备技术

1. 现状

极端工况条件下的材料无合适材料选用，如温锻、镁合金压铸、高速镦锻、钢管挤压顶头等。

2. 挑战

针对极端工况条件下模具对材料性能的苛刻要求，研发性能特点突出的模具新材料及相应的制备和处理技术。

3. 目标

高性能特种模具材料全面应用于工业生产，满足各种极端工况条件下的模具寿命要求。

（四）大型、复杂模具微变形、无氧化热处理技术

1. 现状

在设备和工艺上已实现对中小模具的微变形、无氧化热处理，正在开展大型模具热处理装备、工艺研究。

2. 挑战

大型真空高压气淬炉和高精度可控气氛保护设备为实现大型复杂模具的微变形、无氧化处理创造了条件。实现装备、工艺和后续精加工配套协调的大型复杂模具的快速、经济制造。

3. 目标

全面实现大型复杂模具热处理后表面无氧化、变形小，使后续精加工做到少切屑或无切屑，缩短模具加工周期 30%。

（五）高效、环保、耐磨表面改性技术

1. 现状

有效用于模具表面改性提高模具寿命的主要技术有：渗氮（氮碳共渗）、表面渗金属（TD）、气相沉积、表面涂覆、离子注入等。

2. 挑战

实现高效率、清洁、大型化模具的表面改性技术，增强表面硬化层与基体的结合力，大幅度提高模具的使用寿命。

3. 目标

渗层组织、渗层厚度、结合力、耐磨性、模具寿命的集成化控制，实现小镶块解决大模具长寿命问题。

（六）模具材料规模化精确预处理技术

1. 现状

随着模具加工设备的自动化、多功能化和加工速度的大幅度提高，使模具制造工艺有了根本的变革，许多模具的大型化、复杂化及短周期制造成为未来模具技术的发展趋势，要求模具材料产品直接预处理，满足模具工作性能要求和组织要求。该项技术目前只有在塑料模具材料上有一定应用。

2. 挑战

如何实现大规格、大批量模具材料的预硬化处理、组织超细化处理、组织均匀化处理，其热处理设备保障、处理工艺技术研究和材料性能稳定性保障都将是关键难点。

3. 目标

通过设备和工艺研究，对模具材料进行精确预处理控制并实现规模化生产。为减少或消除模具热处理后的精加工程序做好铺垫，从而大大提高模具的制造效率，降低生产成本。

四、技术路线图

模具材料和热处理技术路线图如图 A-2 所示。

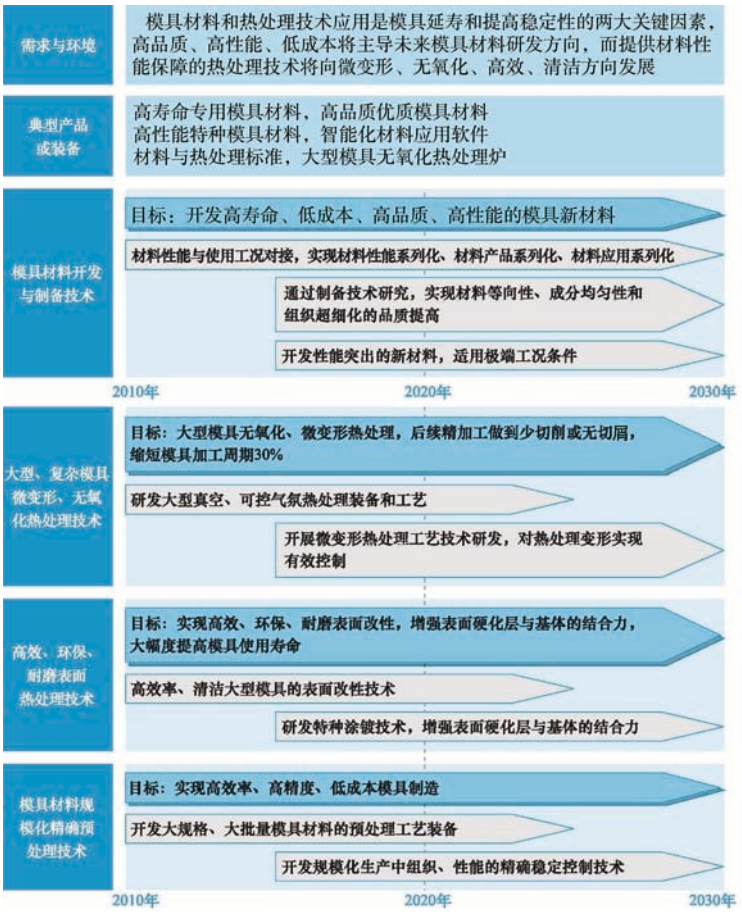


图 A-2　模具材料和热处理技术路线图

第三节　冲模技术

一、概述

冲模主要指先进多工位与多功能冲模、精密冲模和汽车车身冲模等。先进多工位与多功能冲模的代表主要有精密多工位级进模、精密多工位冲压传递模、复杂精密多功能冲模等，是汽车、电子电器等制造业的关键工艺装备。这类模具的总体水平与国际先进水平接近，一部分模具已出口到工业发达国家和地区。但是，与国外先进冲模水平相比仍然有差距，如模具寿命较低，模具试模周期长，模具调整和维修时间较长，模具材料、标准件等模具基础技术水平差距较大，特别是缺乏设计和制造相关基础理论技术的支撑等。

精冲模具是采用负间隙或零间隙冲裁金属板材类零件的模具，在精密零件成形领域的应用越来越广泛。我国在精冲模方面具备了一定的开发能力，而在复杂精冲模特别是精冲复合成形模具的开发方面仍缺乏经验，水平不高，进口模具仍占较大比重。

汽车冲模主要用于汽车的外形件、结构件以及内饰件成形制造等。国内模具企业已经可以设计制造 B 级轿车的全套模具，开始向 C 级轿车的高难度复杂模具进军。

冲模技术的总体发展是由模具自身的品质提升向冲压件产品的控形控性方向发展。即客户要求从主要考虑模具本身品质向使用模具生产的最终冲压产品品质控制方向发展，从对冲模品质的单一要求向企业产品的系统解决方案发展。多领域交叉技术的应用以及以模具为核心的系统解决方案将是今后模具技术发展的主要特征。冲模技术的主要方向：特大型高精、超高速冲压、超薄、超强和微细型零件成形冲模设计、制造关键技术；多功能复合模具技术以及该类模具的试模技术、模具可靠性技术等。

未来 20 年，我国冲模设计制造综合水平达到当时国际先进水平，差距缩短到 5 年左右。

二、未来市场需求及产品

随着汽车、电子、电器等制造业的快速发展及产品更新换代周期的加快，先进多工位与多功能冲模，特别是大型高精、超高速冲压、超薄、超强和微细型零件成形冲模的市场需求将稳定增长。

随着客户要求从主要考虑模具本身品质向使用模具生产的最终冲压产品品质控制方向转移，向用户企业提供产品冲压系统解决方案的技术服务方式将得到快速发展。

三、关键技术

（一）冲模产品的信息化和智能化

1. 现状

目前冲模主要考虑的是冲压件的控形问题，同时考虑控形和控性，尚缺乏冲压成形控形和控性技术理论研究、模具产品的信息化和智能化等基础条件。

2. 挑战

需掌握冲压件的成形形状智能控制技术、冲压件强度、刚度和厚度合理分布的控制技术与模具设计技术、冲压成形过程及零部件质量的控制技术等。

3. 目标

预计到 2030 年，突破冲压件的控形和控性理论、掌握冲模成形过程的信息获取、应用与冲压件的控形和控性模具设计实现方法等关键技术，达到世界先进水平。

（二）新型工艺及冲压模具理论与技术

1. 现状

新材料和新工艺不断出现，如硼钢板热冲压技术、管材的内高压成形技术、镁合金板的冲压技术等，而现有的模具成形理论与技术不能完全适应新材料和新工艺对模具的要求，也缺乏综合工程研发机构。

2. 挑战

需协调新材料变形特性研究、新成形工艺开发和模具设计制造间的关系。

3. 目标

新材料成形模具的设计制造技术、新成形工艺所需模具的设计制造技术达到国际先进水平。

四、技术路线图

冲压模具技术路线图如图 A-3 所示。

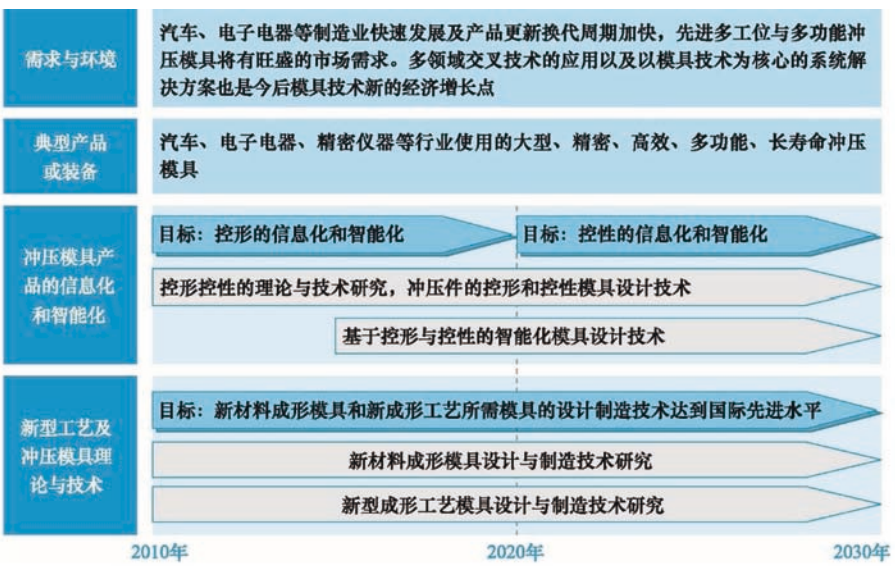


图 A-3　冲压模具技术路线图

第四节　塑料模具技术

一、概述

塑料模具是塑料零件制造的支撑工艺装备，主要包括注射成型、挤出、吹塑、吸附、发泡、压注、搪塑等模具类型。其中注射成型模具是应用最为广泛的塑料模具。塑料模具广泛应用于家电、汽车、火车、航空航天、军工等领域的塑料零件的生产。

国内中低端的塑料模具技术基本成熟，而高技术含量的大型、精密、复杂、长寿命塑料模具不能满足市场需求。未来 20 年，塑料模具技术将围绕通过模具技术提升塑料制品制造业水平，带动模具的上下游产业的发展为中心开展研究开发，主要体现在高效生产、环保制造、高品质外观三个方向。预计到 2030 年，我国塑料模具技术将达到国际先进水平，部分达到领先水平。

二、未来市场需求及产品

2010 年，我国人均塑料消费量约为 46kg，仅为发达国家的 1/3，存在较大的差距。塑料制品的快速发展将带动塑料模具市场的快速增长。

大约有 90% 的汽车内外饰塑料零件是通过塑料模具生产的，汽车工业的快速发展促使塑料模具技术向高效生产、环保制造、高品质外观、以塑代钢等方向发展，如低压一体注射模具、注射后压模具、搪塑模具、发泡模具、快速模具等。大约有 70% 的家电产品零件是通过塑料模具生产的，高端家电产品的制造需要体现高效生产、环保制造、高品质外观等方向的新型塑料模具技术，如大型多色注射模具、免喷涂高光模具、高精超薄、超厚制品塑料模具等。电子产品、医疗器械等行业也需要高精度、高效率、环保制造的新型塑料模具技术。

三、关键技术

（一）高效生产的塑料模具技术

1. 现状

汽车、电子、电器、包装品行业塑料的应用日益广泛，批量生产的零部件规模往往达到千万级甚至亿的数量级。因此，要求高的生产效率，以缩短生产周期，降低生产成本。但制件成形必须经历合模、注射、保压、冷却、开模制造流程才可达到质量要求，所以，高效模具技术成为提高塑料制件生产效率的重要选择。发达国家已开发出多种高效模具并用于生产，如一模多腔、叠层模具、高冷速模

具等。我国在高效模具研发方面掌握核心技术的企业为数不多，效率和稳定性与国外差距较大。

2. 挑战

结构设计、高性能模具材料以及模具使用稳定性是高效模具研发中需突破的关键技术。

3. 目标

（1）叠层模具技术 预计到 2020 年，叠层模具技术研发成熟，上下游产业配套到位。预计到 2030 年，达到世界先进水平，完成行业内产业化推广。

（2）高导热性模具技术 目前国内领头企业已经开始进行铝合金、铜合金、金属烧结材料等应用试验。预计到 2020 年，基本实现新型导热材料国产化，模具设计技术基本成熟。预计到 2030 年，达到世界先进水平。

（3）快速模具技术 预计到 2020 年，国内将研发出降低快速模具成本的新型技术，对于汽车原型件、医疗器械等量少而高附加值的产品，可以应用该技术进行小批量生产。预计到 2030 年，达到世界先进水平，实现该技术在塑料产品研发制造领域的广泛应用。

（二）环保制造模具技术

1. 现状

低污染、节能节材是塑料加工技术发展方向，其中模具技术是实现这一目标的关键因素。我国在塑料制品环保制造模具技术研发和稳定性方面与国外差距较大，许多这类模具仍需进口。

2. 挑战

新型高光模具技术方面，国内普通高光模具技术已基本成熟，但还存在寿命低、制品表面硬度低等问题。在 IMD/IML 技术方面，复杂、深腔的制品的技术还不掌握，膜片的印刷国内无法自给，模具生产自动化水平低。在低压一体注射模具技术方面，需解决模具自动化生产水平低、模具上下游产业配套不完善、产品设计水平低等问题。

3. 目标

预计到 2020 年，我国电磁加热、红外加热等新型加热方式的高光模具技术基本成熟。预计到 2030 年，新型加热方式的高光模具达到当时的世界先进水平。预计到 2020 年，掌握复杂形状 IMD/IML 技术。预计到 2030 年，IMD/IML 技术达到当时的世界先进水平，模具实现自动化生产。

预计到 2020 年，低压一体注射模具技术将在汽车内饰件产品中广泛应用，模具上下游产业配套到位。预计到 2030 年，低压注射产品设计技术基本成熟，模具达到当时的世界先进水平。

（三）高品质外观的塑料模具技术

1. 现状

汽车内饰、车灯和大小家电、自动化办公设备、日用品等产品外覆盖件既要求有美的视觉外观，又必须满足与人体接触中良好的手感和安全性，这就要求开发新的模具技术，实现制件的无飞边、少接缝、手感好、安全性高、视觉美观。我国在高品质外观的塑料模具技术研发方面与国外差距较大，许多这类模具仍需进口。

2. 挑战

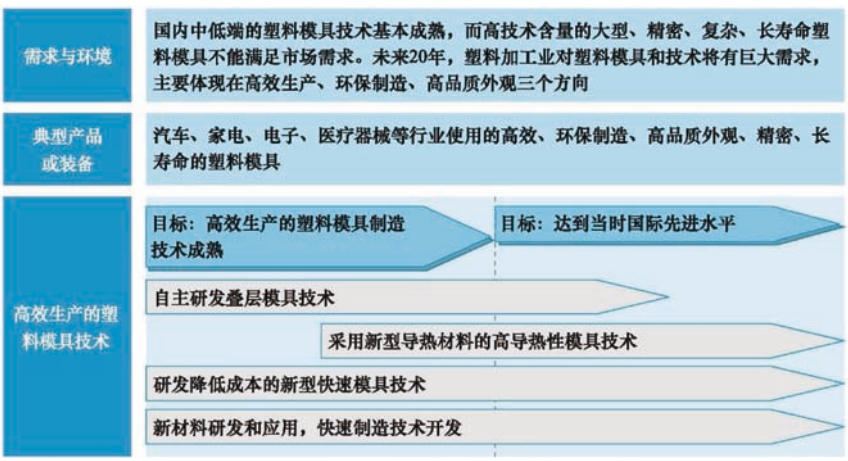
目前大型、复杂形状制品的多色注射模具技术在国内尚未成熟，突出问题表现在大型多色设备国内无法自制，产品设计水平低。国内刚开始进行注射后压模具技术的研发，还不具备应用条件。国内尚未掌握搪塑发泡模具技术，关键问题是大型电铸造镍壳技术被欧美强国垄断。

3. 目标

预计到 2020 年，我国将掌握大型、复杂多色注射模具、注射后压模具和汽车搪塑发泡模具的核心技术。预计到 2030 年，达到当时的世界先进水平，能够满足高品质外观塑料制品的研发生产需求。

四、技术路线图

塑料模具技术路线图如图 A-4 所示。



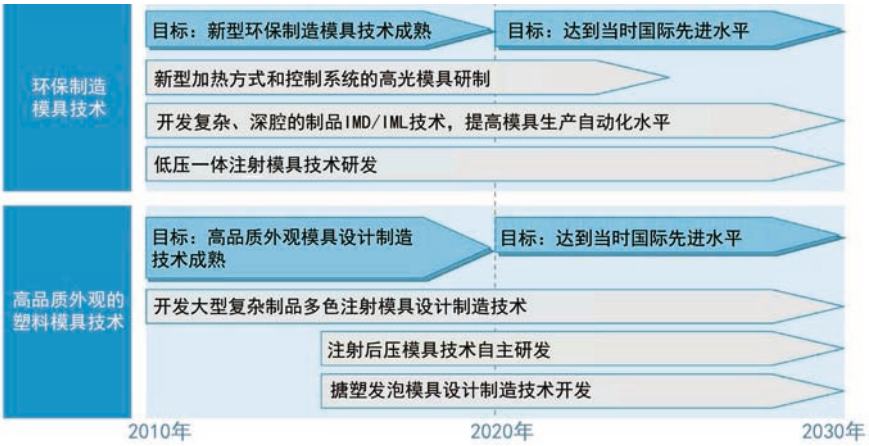


图 A-4　塑料模具技术路线图

第五节　锻造模具技术

一、概述

锻造模具是在锻造工艺过程中使用的模具，原材料在外力的作用下在锻模中产生塑性变形，从而得到所需的形状和尺寸的零件。锻造模具可根据锻造温度的不同分为热锻模、温锻模和冷锻模。热锻模因设备的不同还可分为锤锻模、螺旋压力机锻模、机械压力机锻模、平锻模和液压机锻模等。在压力机模锻时需要设计加工模架，在锻造工艺过程中还需要制坯（如辊锻、楔横轧）模、切边模、冲孔模、校正模、冷精压模等，这些模具和装置也属于锻造模具类别。

锻造模具的主要技术发展方向是提高模具设计水平，采用新型模具材料，使用高效高精度加工手段，以期在模具高寿命的状态下实现锻件高精度。

随着我国制造业整体水平的提高，在未来 10 ～ 20 年，我国锻造模具技术将达到国际先进水平，部分有创新性与独特性的技术将达到国际领先水平。

二、未来市场需求及产品

锻造技术在汽车工业中应用最为广泛，在铁路、航空、航天、船舶等工业领域的应用也在逐渐增加。预计未来国内汽车工业和其他行业仍将保持持续快速发展的态势，锻造工业也将随之持续发展，与此相伴，锻造模具的需求将会逐渐增加。

由于设计、制造、使用、修复、翻新密切关联，锻造模具大部分由锻造企业自己制造使用，随着工业生产分工的细化，专业化的锻模制造企业将逐渐增多。

三、关键技术

（一）锻造模具 CAD/CAM/CAE 一体化技术及信息化技术

1. 现状

CAD/CAM 技术已广泛应用，CAD/CAM/CAE 一体化技术应用还较少，锻造模具信息化技术鲜有使用。

2. 挑战

CAD/CAM/CAE 软件大部分来自国外，价格昂贵，使用不便。成形过程数值模拟技术尚需突破。

3. 目标

普遍采用 CAD/CAM/CAE 一体化技术，精确化数值模拟替代传统工艺调试，开发出具有自主知识产权的锻造模具 CAD/CAM/CAE 软件，促进集成 PDM、ERP、MIS 系统与 Internet 平台的锻造模具信息化网络技术广泛使用。

（二）锻造模具延寿、快修及再制造技术

1. 现状

模具寿命较低，平均寿命为热锻模 6 000 件、温锻模 4 000 件、冷锻模 10 000 件，锻造模具快速修复及再制造技术刚刚起步。

2. 挑战

国内模具材料技术水平还不高，热处理和表面处理技术重视程度不够，缺乏针对不同工艺条件下的模具润滑技术细致研究。

3. 目标

锻造模具普遍采用真空热处理技术，按需要采用渗氮、CVD、PVD 等表面处理技术。热锻模采用高强高韧性耐热合金，依据变形材料、工艺、变形条件不同使用专门润滑剂，模具寿命 2 万件；温锻模使用专用温锻模具材料，专用温锻润滑剂，寿命 1 万件。冷锻模采用硬质合金甚至高韧性工业陶瓷制造，使用无公害绿色润滑剂，寿命 10 万件。推广锻模快修及再制造技术，使模具材料消耗大幅度减少。

（三）高速、高效、高精度锻模加工技术

1. 现状

数控电火花加工和少量转速在 12 000r/min 以上的高速加工中心。

2. 挑战

锻件精度的提高要求锻造模具尺寸精度高、表面质量好、硬度高。

3. 目标

开发出主轴转速 100 000r/min 专用模具高速加工中心，锻模工作部分尺寸精度 IT4 级，表面粗糙度 *Ra*0.1 μm，可加工硬度 60HRC 以上的材料。

（四）精密多功能数控有动力锻造模架技术

1. 现状

以导柱导套式模架为主，导锁式模架开始使用，没有采用自动夹紧装置。

2. 挑战

传统模架功能单一，导向精度差，模架无动力，无液压系统，无控制系统。

3. 目标

带自动润滑的导轨式模架，导向精确。普遍采用液压自动夹紧装置，自带伺服电动机驱动系统，有独立控制系统，可以实现按时序顶料、飞边托举等功能。

（五）精密化与复合化的辅助工序锻造模具技术

1. 现状

辊锻模、楔横轧模使用不多，辊锻工艺多为制坯辊锻，辊锻模寿命 2 万件左右。冲孔、切边模和热校正模分工序、分设备进行，工件经历变形－校正过程。冷精压模主要为平面精压，以矫正工件变形为主。

2. 挑战

传统自由锻制坯形式效率低，能耗大，制坯精度低。冲孔、切边模热校正模分工序分设备进行使生产流程长，操作人员多，锻件质量低。平面冷精压不能提高锻件精度。

3. 目标

辊锻模、楔横轧模在轴类件制坯工序中广泛使用，辊锻工艺向预成形辊锻发展，辊锻模寿命 10 万件。冲孔、切边、热校正等工序在一台设备上以复合模的方式完成，工件无变形。冷精压模采用体积精压，提高锻件精度 1 ～ 2 级。

（六）技术路线图

锻造模具技术路线图如图 A-5 所示。

图 A-5　锻造模具技术路线图

第六节　铸造模具技术

一、概述

铸造模具是指在铸造成形工艺中，用以成形铸件所使用的模具。铸造模具为铸造工艺配套，主要有重力铸造模具、高压铸造模具（压铸模）、低压铸造模具、挤压铸造模具等。铸造模具是铸造生产中最重要的工艺装备之一，对铸件的质量影响很大。铸造模具技术的提高，将对提高铸件质量，发展新型铸件，提高近净加工水平有重要意义。铸造模具技术的进步，将为汽车、电力、船舶、轨道交通、航空航天等国家支柱性产业提供更多精密、复杂、高质量的铸件，促进我国制造业整体水平的提升。

二、未来市场需求及产品

随着汽车、摩托车、航空航天等工业的高速发展，铸造模具每年以超过 25% 以上的速度快速增长，铸造模具技术有了很大的进步，但是以轿车铝合金发动机

缸体为代表的大型、复杂压铸模具主要依靠进口。当前，正值我国汽车、摩托车工业进入高速增长期，产量连续多年大幅度增长，可以预测未来 10 ～ 20 年，我国铸造模具的生产仍将获得主要来自汽车工业的强劲推力而高速增长。在节能减排的背景下，黑色金属重力铸造模具增量将放缓，而铝镁合金压铸模具、低压铸造模具和挤压铸造模具将大幅度增长。

三、关键技术

在未来 10 ～ 20 年时间内，铸造模具技术发展需要解决关键技术主要有：

（一）CAD/CAM/CAE/CAPP 一体化技术

1. 现状

计算机辅助设计（CAD）和辅助制造（CAM）已经开始普遍应用于铸造模具行业，但是铸造过程的辅助分析（CAE）和辅助工艺过程设计（CAPP）才刚刚起步。

2. 挑战

建立合理有效的铸造过程分析模型、边界条件及参数，是铸造模具热平衡、铸造过程充型和凝固模拟技术的关键。同时，从铸造模具订单开始，有效地通过网络化来组织生产和销售，是模具企业信息化面临的一个挑战。

3. 目标

通过 CAD/CAM/CAE/CAPP 一体化技术在铸造模具中的应用，大大提高铸造模具的质量，缩短制造周期。

（二）高速精密数值化加工和检测技术

1. 现状

数控铣和三坐标检测技术已经广泛应用于模具加工，但高速加工刚刚起步。

2. 挑战

亟须解决高速加工设备的成本、稳定性问题以及与之配套的编程和刀具问题。

3. 目标

铸造模具加工精度和表面粗糙度大大提高，加工效率提高 3 倍以上。

（三）快速制模、快速成型以及逆向工程技术

1. 现状

快速制模、快速成型以及逆向工程技术还未在铸造模具行业广泛应用。

2. 挑战

开发出低成本、高效、稳定的快速成型设备及其成型工艺是其推广关键。

3. 目标

大大提高铸件和铸造模具的开发速度和开发质量。

（四）高寿命模具技术

1. 现状

与国外模具相比，国产铸造模具寿命普遍较低。

2. 挑战

开发出高性能的模具新材料和有效的模具热处理、模具表面处理技术，是提高模具寿命的关键。同时，在模具制造和使用过程中考虑到铸造模具的热平衡，也有利于提高铸造模具的寿命。

3. 目标

使我国铸造模具的寿命与发达国家相当。

四、技术路线图

铸造模具技术路线图如图 A-6 所示。

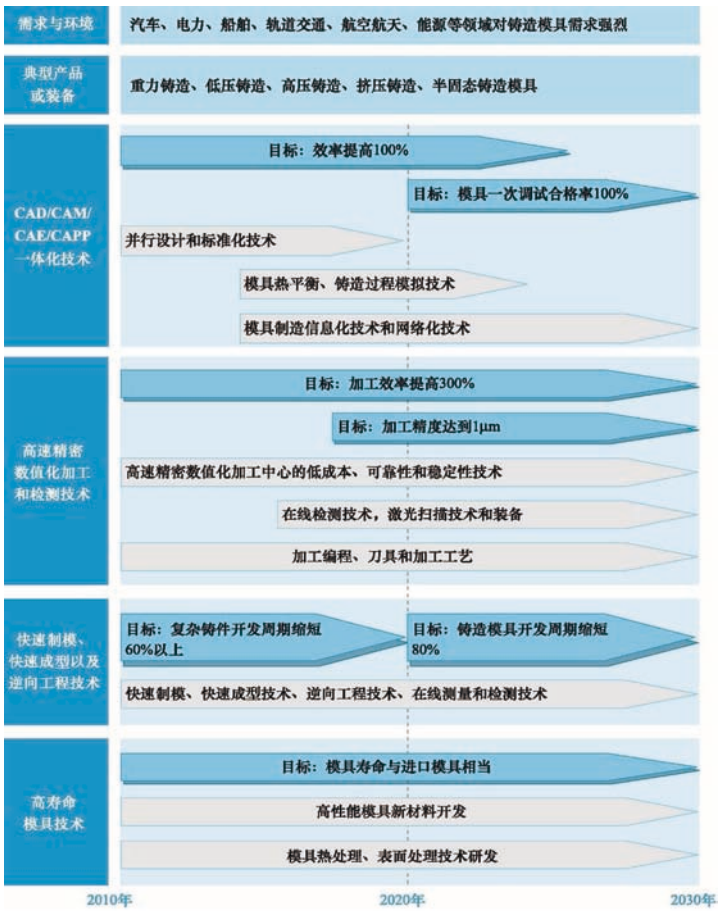


图 A-6　铸造模具技术路线图

附录 B　工业和信息化部关于印发《机械基础零部件产业振兴实施方案》的通知

工信部装〔2010〕479 号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团工业和信息化主管部门：

为落实《装备制造业调整和振兴规划》，提升装备制造业整体水平，推动机械基础零部件产业结构优化升级，工业和信息化部组织制定了《机械基础零部件产业振兴实施方案》，现印发你们。

各地区要结合自身实际情况，研究制订促进机械基础零部件产业升级的具体措施，加快突破关键零部件发展瓶颈的步伐，不断满足各领域装备及战略性新兴产业发展的需要。

机械基础零部件产业振兴实施方案

机械基础零部件（主要指：轴承、齿轮、模具、液压件、气动元件、密封件、紧固件等）是装备制造业不可或缺的重要组成部分，直接决定着重大装备和主机产品的性能、水平、质量和可靠性，是实现我国装备制造业由大到强转变的关键。为落实《装备制造业调整和振兴规划》，提升基础零部件发展水平，推动产业结构优化升级，特制订本方案。本方案实施期为 2010—2012 年。

一、现状与问题

（一）现状

机械基础零部件品种规格繁多，量大面广，为航空航天、兵器、机械制造、交通运输、建设工程、冶金矿山、石油化工、电力能源、电子通信、轻工纺织等装备提供配套，并广泛应用于社会生活的各个方面。经过多年发展，我国机械基础零部件制造业已经形成门类较齐全、规模较大、具有一定竞争力的产业体系。

目前，我国拥有机械基础零部件规模以上企业 8000 多家。进入 21 世纪后，我国机械基础零部件制造业连续多年保持年均 20% 以上增速，国内市场占有率 65% 左右，重大装备配套水平显著提高，已成为机电产品出口大户，紧固件产量

居世界第一位，液压元件、齿轮市场销售额居世界第二位，轴承和模具销售额居世界第三位。

（二）存在的问题

近年来我国装备制造业水平大幅提升，大型成套装备已能基本满足国民经济建设需要，然而基础零部件却无法满足主机配套要求，已成为制约我国重大装备发展的瓶颈。主要问题表现在：

一是科技创新能力薄弱。我国机械基础零部件制造业对材料、工艺缺乏系统研究与应用，基础共性技术研发和实验投入少且分散，技术基础薄弱，原创技术和专利产品少，导致产品早期故障率高、使用寿命短、可靠性差，与世界先进水平相比存在较大差距。

二是产业结构不合理。机械基础零部件产业市场进入门槛低，有效行业监管和企业自律缺失，具有国际竞争力的企业及知名品牌少。中低端基础零部件产品低价恶性竞争严重；高端基础零部件研发、制造能力严重不足。

三是工艺装备落后。我国机械基础零部件制造工艺及装备落后现象长期存在，工艺基础数据积累不足，过程控制能力和工艺保证能力不均衡，制造技术与检测手段落后，致使产品的一致性和稳定性不能满足主机配套需求，严重影响了产品制造水平的提升。

四是新产品进入市场难。检验认证体系不够完备，新产品缺乏试验验证和应用业绩，加上用户和主机企业因受责任风险等因素影响，对使用基础零部件新产品缺乏信心。同时部分用户对新产品质量差的惯性思维，增加了新产品进入市场的难度。

二、指导思想与基本原则

（一）指导思想

按照邓小平理论和“三个代表”重要思想，深入贯彻落实科学发展观，以调整产业结构和转变发展方式为主线，以重大装备需求为依托，以培育专业化企业为载体，着力加强政府引导，着力加强政策扶持，着力加大宣传力度，着力加大研发投入，逐步增强产业核心竞争力和市场占有率，为实现装备制造业由大变强奠定坚实基础。

（二）基本原则

—— 市场主导原则

围绕国家重点工程、重点领域和战略性新兴产业对重大装备的需求，积极发

展关键基础零部件，提高市场配套能力。通过健全和完善标准体系，推进第三方产品检验认证制度，建立市场准入和退出机制，规范市场秩序。

—— 创新先导原则

加大研发投入力度，开展关键技术和共性技术研究及产品开发，加强行业公共研发和服务平台建设，培育科技创新领军人才，建立健全以企业为主体，产学研用相结合的技术创新体系，形成持续的创新能力。

—— 结构优化原则

鼓励企业通过兼并重组发展具有国际竞争力的大企业集团，积极引导中小企业向“专、精、特”方向发展，形成优势互补、协调发展的产业格局。

—— 重点突破原则

选择一批基础条件好、需求迫切、带动作用强的领域和产品，加大支持力度，突破发展瓶颈，打造一批具有国际先进水平的产品和知名品牌，带动产业的全面发展。

三、目标

通过 3 年努力，使我国机械基础零部件制造水平得到明显提高，自主创新能力实现较大提升，产业结构不合理的局面得到改善，逐步扭转基础零部件产业发展严重滞后的被动局面。

突破一批基础零部件制造关键技术，产品技术水平达到 21 世纪初国际先进水平；研发一批关键基础零部件，掌握一批拥有自主知识产权的核心技术，重大装备基础零部件配套能力提高到 70% 以上；调整产业和产品结构，发展一批高附加值产品，培育一批具有国际竞争力的专业化强的基础零部件企业及知名品牌；加大技术改造支持力度，着重加强工艺装备及检测能力建设，创建若干行业技术服务平台，完善技术创新体系，夯实技术创新基础。

四、重点任务

（一）围绕重点领域，突破一批关键零部件发展瓶颈

围绕能源开发、交通运输、新农村建设、新材料制备、节能环保与资源综合利用等领域建设所需装备，针对主机配套的轴承、液压件、密封件等关键基础零部件性能水平低、可靠性差等问题，加强基础工艺研究，改善生产条件，加快提升基础零部件质量水平，不断满足各领域装备及战略性新兴产业发展的需要。

1. 高效清洁发电设备配套领域

1.5MW 以上风力发电机增速器轴承、发电机轴承和主轴轴承、齿轮传动装置，

偏航变桨用液压伺服系统与密封系统，风电塔筒用大规格高强度紧固件，叶片成型模具和电机定、转子零件大型精密冲压模具；大型水力发电机球阀、转轮叶片、接力器密封系统；核电站二级泵轴承、新型核电主泵三级密封装置、高可靠性核电专用紧固件。

2. 高档轿车及重载货车配套领域

轿车三代轮毂和重载货车二代轮毂轴承单元，汽车节能自动变速器及其关键零部件，汽车发动机正时链系统和变速器齿形链系统，汽车发动机用高强度紧固件，高档轿车覆盖件模具及多工位高精度冲压模具，汽车超强钢板热压成形模具，汽车发动机进气歧管成形模具，汽车整车及零部件装配生产线用气动伺服阀、比例阀和阀岛、定位气缸；制动能量回收型汽车液压混合动力装置。

3. 轨道交通装备和船舶配套领域

时速 300km 及以上高速动车组、大功率交流传动电力 / 内燃机车、载重 100t 铁路重载货车和城市轨道交通车辆用轴承、齿轮传动装置、气动元件及系统；船用大功率高速齿轮传动装置、高转速大功率液力偶合器调速装置，海洋工程用超大模数齿轮齿条传动装置。

4. 工程机械和农业机械配套领域

工程机械用高压柱塞泵 / 马达、高压液压阀、液力变矩器、动力换档变速器、液压电子控制器，千吨级重型运输车齿轮传动装置，全断面掘进机主轴轴承、密封件，大型行走机械用液力变矩器及驱动桥箱；半喂入水稻收割机静液压驱动装置，大型拖拉机耕深液压控制系统。

5. 冶金矿山设备配套领域

大型薄板冷热连轧设备、高速线材轧机、森吉米尔轧机用轴承，大型轧机设备用伺服装置和系统；煤矿掘进机、采煤机配套用静液压驱动系统、高转速大功率液力偶合器调速装置，水泥立磨机轴承，液压支架配套的密封材料和密封系统。

6. 电子专用装备及新兴产业配套领域

大规模、超大规模集成电路用引线框架精密多工位级进冲模，集成电路精密封装模具，电子元器件和精密接插件用精密模具，超高速精密冲压模具；高分子复合材料成型设备、生物制药设备、医疗器械所需的精密、超精密模具，CT 机轴承，新型化纤设备轴承、智能定位气动执行系统。

7. 高端装备制造业配套领域

高档数控机床用大型精密轴承、高刚度大功率电主轴轴承，基础制造装备用

大型铝镁合金压铸模具，重大装备用高速高精传动装置、高精密液压件、密封件及系统；大型飞机配套的轴承、齿轮传动装置、高强度高韧性耐高温复合材料成型模具、液压控制系统，航空用钛合金 / 铝镁合金紧固件。

（二）加快产业及产品结构调整，增强企业竞争力

积极推动产业和产品结构调整，改变我国基础零部件行业目前存在的低水平制造能力过剩、高水平制造能力不足的局面，提升产业竞争力。

1. 积极培育一批“专、精、特”企业和知名品牌

研究完善相关配套政策，充分利用市场机制和宏观调控手段，鼓励基础零部件企业向专业化分工、细分市场、特色明显的方向发展。培育 100 家有较大规模、专业化水平高、特色鲜明、具有知名品牌产品的企业。加大知识产权保护，营造公平竞争的市场环境，吸引多种资本投向基础零部件行业，提高企业研发高性能产品的积极性。鼓励企业跨行业、跨所有制兼并重组，整合要素资源，提高集约化生产水平，努力形成若干具有国际竞争力、年销售额超过 50 亿元的企业集团。

2. 优化特色产业集聚区

依托现有资源，结合基础零部件企业的特点，加大对国内已有轴承、齿轮、液压件、密封件、紧固件等产业集聚区的支持和指导，引导企业向产业园区集聚，加强集聚区铸造、锻造、热处理的集中化生产，培育一批专业化分工、产业链协同、销售收入超 100 亿元的特色产业集聚区。支持省市建设省级基础零部件新型工业化示范基地，鼓励在具备条件的集聚区建设若干国家级基础零部件“新型工业化示范基地”。建立健全区域性现代制造服务业体系，提高区域配套服务能力，完善技术成果共享机制。鼓励机械基础零部件产业集聚区通过资源整合，在集聚区内形成公共技术研发中心、检测实验中心、培训中心等公共服务机构。

（三）加强基础能力建设，提高产品质量和档次

完善标准体系，加快基础零部件标准制修订和宣贯，促进产品质量达标。加大技术改造支持力度，加强基础技术应用研究和检测试验条件建设，搭建面向全行业服务的权威检测实验机构，促进产学研合作，扩大品种，提高质量，提升行业整体技术水平。

1. 完善标准体系，加快标准贯彻实施

结合产品的研究开发和试验验证，制修订一批国家标准和行业标准，鼓励企业参与国际标准制修订工作，用先进标准支撑行业发展。重点支持设计和制造技术、先进制造工艺及装备、节能减排技术标准的制修订，形成完善的标准体系。

建立行业标准化工作和信息平台。发挥标准化手段对规范市场的基础性作用，加强标准宣传贯彻，组织开展重点产品达标工作，推动企业严格执行强制性标准，引导企业积极采用推荐性标准。配合质量监督部门，做好机械基础零部件产品的质量监督管理工作，杜绝无标、违标、降标生产，提高产品质量。加大质量达标产品和企业的宣传力度，创立一批知名品牌。

2. 加大技术改造力度，提高企业工艺装备水平

重点支持关键基础零部件企业技术改造，加强基础研究和检测试验能力建设，提高工艺、技术和装备水平；支持企业进行节能降耗和资源综合利用改造，减少能源、材料消耗和污染物排放；支持利用信息技术和先进适用技术改造传统制造工艺和装备，淘汰“高污染、高消耗”等落后工艺和装备；鼓励将技术改造资金优先用于检测试验条件建设和企业技术中心建设。

3. 搭建公共服务平台，提升行业整体技术水平

依托科研院所、高等院校和检测机构等现有资源，形成一批行业检测试验平台，开展基础零部件强化试验、可靠性和寿命测试试验、产品质量检测检验、材料性能检验，为提高基础零部件质量提供先进的检测试验条件和权威的第三方检测。整合集聚优势资源，在中小企业集聚区形成公共服务平台，为中小企业技术创新提供支撑服务。鼓励有条件的大型企业将检测试验能力向社会开放。

五、保障措施

（一）提高认识，加强组织协调

通过多种形式宣传机械基础零部件在装备制造业发展中的重要地位，提高全社会对基础零部件重要性的认识。各级政府主管部门应根据实施方案确定的目标和任务，结合本地的特点和产业优势，研究制订有利于机械基础零部件产业发展的政策和措施。

（二）发挥政策引导作用，优化产业发展环境

完善标准体系，探索建立机械基础零部件产品认证认可制度，提高产品的质量稳定性。研究开展机械基础零部件“专、精、特”企业认定工作，制定高端机械基础零部件产品推广目录，结合现有产业政策以及研发创新奖励政策，着力营造有利于机械基础零部件产业健康发展的市场环境，引导制造企业开发高附加值产品，加快产品结构转型升级。

（三）加大技术进步投入，促进产业快速提升

加大重点产业振兴和技术改造专项对机械基础零部件产业自主创新和产业化

建设项目的支持力度，对引进先进技术后开展消化吸收并产业化的建设项目，国家有关专项资金给予重点支持；加大对公共服务平台的支持力度，优先支持在产业集聚区建立公共服务平台；鼓励和引导民间资本、外资投向机械基础零部件产业研发领域，推动产业转型升级。

（四）加强基础科技开发，提高自主创新能力

针对机械基础零部件产业存在的突出问题，加强与国家科技支撑计划衔接，着重突破的重大关键技术瓶颈。结合“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项，研究开发高档数控机床与基础制造装备所需要的关键基础零部件，推动将关键零部件国产化水平作为专项主机装备的评价指标。

（五）充分发挥协会的作用，提升行业管理水平

充分发挥行业协会的桥梁和纽带作用，凝聚行业力量，反映行业诉求；加强行业基础数据的统计分析工作，建立行业信息定期发布制度和行业预警制度，引导行业健康快速发展；制定行业自律性行规、行约，逐步形成健康有序的机械基础零部件行业市场；开展“质量兴业”等促进行业质量进步的活动，为产业振兴奠定坚实的基础。

工业和信息化部

二〇一〇年十月十一日

附录 C　模具行业“十三五”发展指引纲要

前　言

模具是工业生产中重要的基础工艺装备，素有“工业之母”的称号。我国目前通过模具成形制造（也称等材制造）的金属制品约为 8 000 万 t，与切削加工（减材制造）的数量相当；而 7 000 万 t 左右的塑料制品和 600 万 t 的橡胶制品，几乎全部由模具成形制造；3D 打印（增材制造）的产品总量目前为数万吨。模具成形由于其具有高生产效率、高一致性、低耗低成本以及可以实现较高的精度和复杂程度等优点，已成为现代社会国计民生主导产品，如汽车、电子、电器、IT 产品、包装品、建筑装饰材料等产品制造业中最主要的制造手段，其中汽车、家电等产品 90% 以上（汽车为 95% 以上）的零部件由模具制造，模具费用仅占这类整机销售价格的 1% 左右，因此，模具也称为产品制造业的效益放大器。模具制造的产品已遍布我们的生活、生产和公共场所的各个角落，随着高分子材料和复合材料的研发和应用，模具的应用面越来越宽广。可以说，涉及衣、食、住、行等民生工程的现代制造业的发展，很大程度上取决于模具工业的发展水平，没有高水平的模具工业就没有高水平的制造业。同时，模具的设计、制造是一个技术密集、人才密集、资金密集的高技术产业，因此，模具工业水平已经成为衡量一个国家制造业水平高低的重要标志，也是一个国家的工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。2014 年我国主要模具用户行业产品产值（销售收入）与模具用量见表 C-1。

表 C-1　2014 年我国主要模具用户行业产品产值（销售收入）与模具用量

模具用户行业	行业产值 / 亿元	模具依赖度（%）	模具用量 / 亿元
汽车制造业	55 000	95	600
家用电器（白家电）行业	15 000	90	150
包装行业	14 000	85	120
IT 制造业（含网络终端设备）	100 000	80	700
医疗器械行业	2 500	75	30
建材家居行业	30 000	60	150
其他行业（估计）	30 000	50	350
合计	246 500		2 100

注：1. 模具用户行业产值（销售收入）来自各行业协会、商会等机构在网上公布的数据。
2. 模具用量由中国模具工业协会提供。

现代模具行业具有如下特点：

1）技术密集、资金密集、人才密集。模具作为精密成形工艺装备，其产品技术含量高；模具生产过程集精密制造、计算机技术、智能控制为一体，对产品设计软件和加工设备的要求很高，特别是关键设备价格昂贵；数字化、信息化技术的广泛应用和网络化、智能化技术的开发应用需要大批高素质技术、技能、经营管理人才。

2）模具制造大多是针对特定用户产品的个性化生产，生产周期较长，因而均衡生产和企业管理难度大；活化劳动比重大，增值税税负重，企业资金积累慢而且投资回收期长。

3)模具的品种、规格繁多，技术要求各异，因此，模具企业发展适于“精、专、特”模式，目前国际上模具企业绝大多数为中小企业。在我国约 25 000 家模具企业中，中小微型企业占 95% 以上。

4）模具生产属装备制造业，其产业发源地通常位于或靠近模具用户市场，并且随着模具用户行业的发展而成长壮大，形成集材料供应、加工设备、标准件供应、加工协作、人才调剂和设计服务等功能配套的模具产业集聚区。我国目前模具产业主要集中在珠三角、长三角和环渤海三个大的集聚区及成—渝、武汉—长沙两个中等集聚区，模具产能占全国的 90% 以上。在这些大、中型集聚区内，还形成了众多集聚程度更高的市、区、县、镇特色模具生产基地。许多模具产业集聚区已经发展成为独立的向全球供货的模具制造基地。

现代模具工业的特点决定了它既是关乎民生工程的重要的装备制造行业，也是一个提升国家制造业核心竞争力的战略性新兴产业。因此，模具工业成为世界上各制造业发达国家在产业政策上重点支持（扶持）的行业。

为贯彻落实党中央、国务院关于进一步深化改革，使经济持续健康稳定发展，引导模具行业主动适应中国经济发展新常态，积极推进要素驱动向创新驱动的转换，指导行业的转型升级，更好落实《中国制造 2025》国家计划，参与“互联网 +”行动，力争实现 2025 中国模具进入世界模具强国行列目标，特编制本纲要。

一、模具行业发展现状与问题

（一）我国模具工业“十二五”取得的主要成绩

1. 产业发展

“十二五”期间，模具行业经济运行实现连年稳中有进，2014 年模具产能约 2 100 亿元，销售额超过 1 635 亿元（数据来源于中国模具工业协会），4 年

复合增长率接近 10%；模具进出口总额达到 75.1 亿美元，其中模具出口 49.2 亿美元（数据来源于中国海关）。2010 年，我国模具出口首次超过模具进口后，近 4 年复合增长率超过 20%，2011—2014 年模具累计出口达到 161 亿美元。我国已成为名副其实的世界模具制造大国和模具贸易大国。

1）骨干企业队伍成长壮大。目前我国模具生产厂家约为 3 万家，其中公有制企业占 5% 左右，三资企业占 10% 左右，民营企业、个体企业约占 85%。据不完全统计，目前模具产值达到 2 000 万元以上的模具企业有 5 000 家左右，其中被认定为高新技术企业的模具企业超过 300 家，以模具制造为主业的上市公司达到 33 家（其中“十二五”期间增加 18 家）。2013 年，模具出口企业 13 000 余家，其中出口额 100 万美元以上的企业 700 余家。2015 年，中国模具工业协会评定授牌的中国重点骨干模具企业达到 160 个（其中“十二五”期间增加 57 个），占全部模具企业数量的比例不到 1%，销售额占到 18% 左右。2014 年，中国模具工业协会在会员单位中开展“模具出口重点企业”评定授牌工作，首批 32 家获得授牌。

2）管理水平进一步提高。中国模具工业协会召开了三次全国模具企业信息化推进大会，信息化技术在设计、生产、管理上的应用进一步普及、提高，CAD/CAM 技术已得到普及，CAE/CAPP/PLM/ERP 等数字化技术已被不少企业采用，高速加工、并行工程、逆向工程、敏捷制造、虚拟制造和自动化生产已在一些重点骨干企业实施，热流道技术和模内温控技术及具有智能控制功能的模具技术得到较快发展和应用。 重点骨干企业 50% 以上基本实现模具全三维 CAD 和 CAD/CAE/CAM/PDM 设计制造和 ERP 等经营管理，并积极推进模具自动化制造和智能化制造技术的开发和应用。“十二五”期间，全行业创“中国机械工业优质品牌”15 个，获“知名商标”等称号 35 个。企业对质量效益的关注度大幅提高，模具行业已有 9 家企业获得 2014 年度“中国机械工业质量诚信企业”表彰。“十二五”期间，模具行业有 200 多个产品获“精模奖”，20 多项被推荐为国家级新产品。

3）以模具技术为中心的产业链延伸优化了模具行业的技术结构和产业结构。模具处于产品制造技术和产品生产过程的中心位置，向上延伸，可介入产品及其成形技术开发过程（如产品设计、产品制造工艺、装备暨成形解决方案），从而优化精密成形技术结构。“十二五”期间，已有部分实力较强的模具企业与成形工艺和设备供应商合作，共同开发典型零件或产品的制造技术，有些企业已开始

向用户提供“交钥匙”工程和整体解决方案；向下延伸，可扩展至领域广阔的零件、产品（如汽车零部件、塑料制品等）的生产过程，从而优化制造业的产业结构。“十二五”期间，模具行业延伸至产品制造的企业得到了快速发展，许多企业已经上市，不但转移了部分过剩的模具产能，同时也促进了产品制造业的升级和结构优化。

4）现代制造服务业得到发展。专业“设计公司”“汽车冲压件 CAE 工程技术服务公司”“模具质量效率工程咨询公司”等开始进入模具行业。制造服务业已出现了“中国模具制造服务业重点骨干企业”。以互联网技术、云计算技术为基础搭建的平台式模具技术服务企业在国家《中国制造 2025》和“互联网 +”发展战略实施中，开始进入实际的实施阶段。

2. 技术进步

1）研发体系日趋完善。“国家家电模具工程技术研究中心”在“十二五”期间通过验收，我国模具行业国家级技术创新机构达到 5 个（其中国家级工程研究中心 3 个、国家重点实验室 1 个、国家工程技术研究中心 1 个），国家级模具检测中心 4 个；省部级（行业级）技术研发机构达到 20 个；企业建立的院士工作站、博士工作站等 15 个，企业级研究院所、工程技术中心 300 多个。产学研用相结合的研发机制不断完善，“十二五”期间承担国家发改委“产业振兴、技术改造”项目 20 余项、“重大科技专项”模具项目 5 项、“智能化制造”项目 4 项等。建立模具产业（技术）创新联盟 2 个。

2)关键技术有所突破。信息化和标准化工作取得成效。以企业为主承担的“重大科技专项”模具项目（04 专项 4 项、02 专项 1 项）全部通过验收。“十二五”期间，模具行业企业获得“机械工业科学技术奖”共 23 项，其中一等奖 1 项、二等奖 8 项、三等奖 14 项；“十二五”期间，模具行业的授权专利超过 10 万项，其中发明专利占 9.2%。

3）精密、大型模具和多功能高效模具的技术水平不断提高。模具加工精度可达到 0.1 μm，薄带硬质合金级进模的寿命已达到 4 亿次以上，已能生产重达 100t 以上的超大型塑料模、3 000 次 /min 以上高速冲压用多工位级进模和 C 级轿车覆盖件模具等。国产模具在国内市场的自配率达 90%。

4）标准化工作取得进展。近五年，中国模具工业协会共组织制修订模具国家标准和行业标准 106 项，其中国家标准 21 项（制定 7 项，修订 14 项），行业标准 85 项（制定 31 项，修订 54 项）。其中大部分涉及的技术内容属“三基”

规划、“工业转型升级规划”中包含的重点领域。“十二五”期间，模具企业参与模具国家标准、行业标准制修订的积极性空前高涨，模具企业作为主要起草单位制定的标准有 33 项（其中作为第一起草单位的有 32 项），占当期标准制定的 86.8%；修订的标准有 39 项（其中作为第一起草单位的有 24 项），占当期标准修订的 57.4%。中国模具工业协会作为第一负责单位承担的“模具 术语”国家标准制定工作，经过近两年时间和十余次工作组会议完成了报审稿，于 2015 年 12 月通过全国模具标准化委员会的审查。

3. 人才发展

“十二五”期间，模具人才培养有了较快发展。学历教育毕业人数增加；全国具有模具专业或模具方向的高等职业院校有 400 个，中等职业院校 535 个；已形成大学教育学术研究型人才培养、高等中等职业院校技能型人才培养、企业就职教育和企业培训中心等各层面人才教育完整的体系。中国模具工业协会的模具人才培训基地数量从 2010 年的 78 个发展到 2015 年的 100 个。2010—2015 年中国模具工业协会的模具人才培训基地以及民办模具学校和企业培训中心，共培训了各类模具人才约 30 万人次。

根据国务院发布的《关于加快发展现代职业教育的决定》和《教育部办公厅关于建立职业院校教学工作诊断与改进制度的通知》精神，建立常态化的职业院校保证人才培养质量的机制，逐步在全国职业院校推进建立教学工作诊断与改进制度，中国模具工业协会人员作为专家进入了 2016—2020 年全国职业院校教学工作诊断与改进专家委员会，全面参与开展教学诊断与改进工作。中国模具工业协会和教育部职业教育与成人教育司制定了《高等职业院校模具设计与制造专业教学质量诊断与改进指导方案（试行）》，将对提高模具技能人才的培养具有重要意义。

4. 政策环境

国家给予模具行业连续 12 年税收扶持政策到期后，陆续推出新的支持制造业转型升级的措施，“十二五”期间模具行业在国家政策支持下加大研发和技改投入。2011 年，国家发布《工业转型升级规划（2011—2015 年）》，2011—2013 年，模具行业有近 20 个企业的投资改造项目得到国家发改委“产业振兴、技术改造”计划的支持，涉及汽车模具、橡胶轮胎模具、塑料管件模具等。工业和信息化部发布《模具行业“十二五”发展规划》和《机械基础件 基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划》并实施“强基工程”。2014 年，模具

行业有 3 个企业的级进冲压模具项目得到支持。

商务部等部委根据产业发展和国际贸易发展，调整了模具进出口的税则税号（2012 年开始实施）；为支持模具出口，授予昆山“科技兴贸模具出口基地”；通过设立“引导支持展会”，鼓励并支持中小制造业企业参加展览、开拓市场，2014 年、2015 年的“中国国际模具技术与设备展览会”均被列为“重点引导支持展会”。

2009 年，科技部启动“重大科技专项”，模具行业 5 个团队获（04、02 专项）支持；有 3 家企业承担了“绿色制造”和“智能制造”项目。

模具行业以市场为中心的集聚生产和集群发展模式进一步确立。珠三角、长三角和环渤海模具产业集聚区规模和技术水平进一步得到提升，武汉—长沙和成—渝两个新的模具产业集聚区快速发展。深圳，广东的东莞长安、横沥、凤岗，浙江的黄岩、北仑、余姚、宁海，江苏的苏州、无锡，特别是苏州的昆山、河北的泊头等特色模具产业基地在“十二五”期间通过转型升级得到进一步的提升和发展。

行业组织健康发展、积极活跃。包括中国模具工业协会在内的模具行业组织“十二五”期间增加 6 个，总数达 73 个，他们的创新工作为我国模具行业发展做出了积极贡献。

通过“十二五”期间卓有成效的发展，为我国模具行业“由大转强”打下了较好的基础。

（二）行业发展存在的问题与主要表现

我国模具工业在产品制造业快速发展形成的巨大市场的拉动下发展迅速，已经成为世界模具生产大国与贸易大国，实现了制造能力的“由小变大”，但与制造业转型升级对模具的需求以及与国际上装备制造业发展的先进水平相比仍有较大差距，概括讲是“大而不强”。主要表现：

1．转型升级的步伐不够快

在应对国际金融危机对我国制造业冲击进程中，国务院印发了《工业转型升级规划（2011—2015 年）》，为进入新一轮转型升级高潮的模具行业明确了方向，形成了坚持转型升级是实现我国模具行业“由大转强”唯一途径的行业共识。近 5 年的实践说明，提高产能和提升质量效益为目标的转型升级，其实施难度是不同的，后者远大于前者。对比规划指出的“转型就是要通过转变工业发展方式，加快实现由传统工业化向新型工业化道路转变；升级就是要通过全面优化技术结

构、组织结构、布局结构和行业结构，促进工业结构整体优化提升”的转型升级内涵和《模具行业“十二五”发展规划》目标完成情况，可以归纳出模具行业转型升级较为迟滞的主要表现。

1）发展方式转变任重道远。在实现由传统工业化向新型工业化道路转变过程中，我国模具制造业较好地完成了模具的专业化和集聚生产的转变。而在由单纯提供模具产品向提供零件成形工艺与装备（含模具）整体解决方案及服务的转变以及由注重产能增加向关注提高产品品质、经济效益和企业品牌建设；加快推进生产方式、发展模式的深刻变革等方面，能力不足，还有很长的路要走。

2）结构优化步履缓慢。我国模具整体产能与国内外市场需求基本平衡，而产业模具间产能不平衡，主要原因是模具行业的产能形成虽受模具用户产业发展的拉动，但又往往滞后于模具用户产业的发展变化，造成增长速度减缓的产业的模具产能过剩，而用于发展速度较快的新兴产业的模具产能不足。进入 21 世纪，我国的汽车制造、通信、网络终端设备制造业发展加速，尤其是汽车制造发展迅速，巨大的生产增量和轻量化制造技术要求，为汽车模具提供了广阔的市场空间。虽然我国模具行业为适应这一市场变化，加大了对有关模具的投资和技术改造，但产业间的模具产能的调整还不能适应产业发展对模具需求的变化，仍然存在局部过剩和不足的问题，如高档电子元器件、医疗器械、视频光学组件生产等行业的模具技术和生产能力不足，大多依靠进口。汽车制造中涉及的各类模具间的产能也不平衡。高精度、高可靠性、多功能的高档模具设计制造水平与生产能力均不能适应先进自动化生产线对模具的市场需求，主要依靠进口。中低端模具供过于求且同质化较严重。模具出口存在的主要问题是市场信息不畅，海外营销网络和售后服务体系建设落后。我国模具企业参与产品开发的能力较弱，熟练应用全三维 CAD/CAM/CAE 一体化技术的企业不多，面向模具成形技术的制造服务业发展缓慢，制约着我国模具企业由单纯提供模具产品向提供零件成形工艺与装备（含模具）整体解决方案及服务的转变效率提升。

3）模具工业体系欠完善，基础需夯实。我国模具工业经过 30 多年的改革发展建立起的现代模具工业体系，对比我国模具行业转型升级、实现由大转强的要求，体系不够完善，基础仍需夯实。以各类软件为核心的设计制造技术服务体系和以加工设备、检测设备为主的模具制造装备供应体系主要依赖国外公司，自主品牌的设计软件和制造装备的占有率不到 10%。即使比较成熟的一些体系，在机制转换、自主创新、国际化程度提升等方面的基础也还需要进一步夯实。

4）模具产业链协同发展结构尚未形成。在全球以信息网络、智能制造、新能源和新材料为代表的新一轮技术创新浪潮下，制造业发展的未来将呈现制造的协同，产业链的高度集成的特征。模具行业存在单打独斗、产品同质化的现象，还没有根本改变，使得行业在追求精准高效 、生产模式优化、自动化与智能化制造、资源优化配置、供应链管理技术和信息网络技术应用方面，没有形成专精特的企业发展模式与合理的产业链协同创新机制。由大企业牵头自然形成的供应链向标准化实施、规范化配给、甄别挑选合作伙伴的有意为之的产业链更是寥寥无几，产业发展缺乏协同制造、一致面向市场的行业环境。

2．自主创新能力不足，高水平科研成果数量少

1）技术创新模式单一，原始创新能力弱。模具行业是一个新兴行业，设计制造技术和核心发明专利大多来自国（境）外，我国模具技术创新模式主要是引进消化吸收再创新，集成创新因涉及材料性能和成形工艺因而数量也较少，原始创新的能力更弱。高水平的科研成果较少。

2）创新体制不健全，具备技术创新主体能力的企业还较少。管理创新和信息化技术应用水平较低，管理水平和创新能力与国际先进水平相比差距比较显著；模具行业两化融合评价体系尚未建立，全行业企业信息化建设和应用水平差别较大，平均偏低。国产管理软件及国外软件的应用和二次开发水平也比较低。

3．高素质人力资源明显不足

随着我国模具工业的发展，模具行业从业人员从 20 世纪 70 年代末的 5 万人增加到目前的近百万人，特别是由于制造技术的进步和制造流程的优化，高素质的人才资源一直是模具行业健康发展的主要支撑条件。在我国模具“由大转强”进程中，高素质的经营管理、开发设计、操作技能、投资管理和对外贸易人才资源明显不足，成为制约行业转型升级进而实现模具强国目标的重要因素。我国人才培养的体制机制不健全，人才发展落后于模具行业发展的需要。

二、发展思路和发展战略

（一）面临的机遇与挑战

1．国内市场形势

“十三五”期间，我国经济发展将全面进入新常态，国家推动的信息化、城镇化、国防和农业现代化，新长江经济带、京津冀协同发展经济圈的建设等国计民生重大工程的实施，为经济增长保持中高速将提供有力保障；国内产业的结构调整、转型升级、提质增效、降耗减排将是占我国 GDP 50% 左右的制造业最主

要的发展方式。作为给制造业提供工艺装备的模具行业，“十三五”期间我国国内模具市场的前景良好。

我国以汽车等交通工具为主要代表的移动装备，以家电、消费电子和塑料制品为主要代表的轻工产品，以通信终端、网络终端为代表的 IT 产品，以仪器仪表、电机电器、集成电路为主要代表的机电装备和基础元器件产业以及建材家居产业等模具大用户行业，都已经是世界制造大国，这一格局在未来 3 ～ 5 年期间不会改变，而且它们的转型升级将会对我国模具工业的发展提供更广阔的空间。同时，“十三五”期间，我国的高铁列车、轨道交通列车、医疗器械行业、商用飞机、机器人、3D 打印设备等产业的发展，也会为模具行业提供新的市场。

2．国际市场形势

全球经济增长逐步复苏，以欧洲、北美国家以及日本为首的发达国家的制造业回归和以印度、巴西为代表的发展中国家的制造业发展，对模具的需求将有所增加。我国模具出口 1999 年突破 1 亿美元后连续 10 年年均增长幅度达到 35%，模具出口到 100 多个国家和地区。2010 年出口额（22 亿美元）首次超过进口额（21 亿美元），实现了顺差；2014 年达到 50 亿美元。我国模具在批量出口过程中，一直保持着高的性价比优势，积累了较丰富的经验，建立起了良好的信誉，特别是丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路（一带一路）战略的实施将激励我国更多的产品制造企业到海外投资建厂，也将为我国模具出口提供新的优质市场资源。我国“十三五”期间模具出口市场增长性较好。

3．我国模具产业发展的国内外环境与面临的挑战

在全球制造业格局大调整的背景下，“十三五”期间，我国模具行业的市场前景呈现出良好态势，但我国模具工业的转型升级和“由大转强”也面临着国内外环境的剧烈变化和严峻挑战。

1）国家对模具行业发展的支持重点有所调整。发改委、工信部以振兴产业为目标的投资项目（含技改）的支持重点由关注产能增加逐步转向关注创新能力的提升。审批方式由逐级上报、专家评审、主管部门批准开始试行招投标选项方式，强化了政府引导、市场化运作；《中国制造 2025》计划将全面实施，绿色制造、智能制造、“互联网 +”的项目会增加。要承担这些项目需要建立稳定合作的“产学研用”团队。以“项目带动”作为发展战略的模具行业必须及时跟踪政府产业政策的调整和变化。

2）中高端模具市场竞争加剧。“十三五”期间，我国制造业的转型升级和新兴产业的发展为模具行业提供更大的市场空间，其中精密、复杂、多功能模具（高档模具）的比例会大幅提高，围绕节能降耗、轻量化制造技术相适应的模具将是发展的重点。我国模具企业在分享这一可观市场过程中，将面临与外资模具企业和进口模具的激烈争夺。其中外资模具企业与主机厂（特别是国外品牌的主机厂，如汽车、网络终端设备等）联系密切、合作时间长、研发能力强、管理水平高，而进口模具虽然进口额增长率不高，但其高档模具比例在不断增加。在争夺“十三五”我国高档模具市场过程中，外资模具企业和进口模具的优势明显。

3）模具出口增长的制约因素增加。世界经济复苏和制造业发展会增加世界模具的总需求量，对我国模具增加出口有利。进入 21 世纪以来，经过贸易促进机构、行业协会和出口企业努力，我国模具出口与世界许多模具出口目的地，特别是工业发达国家建立起相互理解的合作共赢、优势互补的贸易关系，对维持我国模具出口的稳定增长建立了基础。但随着我国模具制造成本（人工成本、软件成本等）的上涨、贸易成本提高（售后服务体系建设、人民币升值等）和技术（高档模具的研发与制造）及非技术贸易壁垒（反倾销等）增多等出口不利因素的增加，我国目前单一的模具产品出口增长势头会受到抑制。而资本出口（境外建厂、收购、合资等）也因我国模具企业国际化程度不高和工业发达国家的海外产业链成熟强大等因素的制约，发展速度难以在短时间内提高。

4）产业升级难度增加。经过十多年的高速发展，模具行业固定资产投资达到数千亿元，形成了巨大的加工制造能力，但其中绝大部分关键装备如高档数控加工设备、测量设备和设计分析软件均为进口，制约着我国模具产业向研发设计的技术产业链延伸和制造服务业的发展。

（二）发展思路与发展战略

1．发展思路

在“十二五”期间，我国模具发展已经打下的基础之上，“十三五”期间，我国模具工业将以做强为主线，以行业骨干企业为依托，深化改革，创新驱动，科学发展，加快信息化进程和转型升级步伐，继续实施项目带动和出口带动战略，进一步提高模具生产的信息化、标准化、自动化技术的应用水平，促使企业管理、技术水平，产品质量、生产效益等方面都有显著进步，为我国模具工业到 2020 年在产品精度和寿命、高档模具自给率、模具国际贸易在模具总额中的占比、人均劳动生产率等主要指标上，缩小与先进工业化国家的差距，进而为达到国际先进水平提供有利条件。使模具产品基本满足我国汽车、电机电器、IT 产品、包装品、

建材等国民经济重要产业和医疗器械、高速轨道交通设备、船舶、航空航天等战略性新兴产业发展的需求。

2．发展战略

全面贯彻党的十八大和历届中央全会精神，适应我国经济发展的“新常态”，坚持科学发展观，以结构调整为主线，以技术进步为依托，发展现代制造服务业，进一步完善我国模具工业体系、提高行业整体实力；大力推动创新驱动，推进质量、品牌建设和精益制造，提高企业核心竞争力和国际化程度；落实《中国制造2025》计划，以推进模具智能制造为抓手，以加快新一代信息技术与模具制造业深度融合为主线，积极推进“互联网 +”行动计划；引导行业坚持转型升级，从关注产能增加到关注质量、效益的提升，为提高我国装备制造业水平和实现低碳经济发展目标，为我国模具行业到 2025 年步入世界模具强国奠定坚实的基础。

1）推进产品结构调整。根据我国制造业如汽车、电机电器、家电、建筑装饰材料、包装品、IT 产品等产业技术发展对模具的需求，加快模具品种、规格、技术标准和生产能力调整，积极支持这些产业的转型升级；密切跟踪机器人、3D 打印设备、智能网络终端设备、医疗器械产业的发展趋势，加大模具新产品开发和模具产能转移力度，满足模具对战略性新兴产业发展的技术支撑；鼓励以模具制造为核心的产品制造与精密加工的产业链延伸和企业间资源优化重组，逐步形成优势互补、协调发展的产业格局。这不仅是行业发展的新的经济增长点，对整个产业的转型升级也有重要意义。总之，“十三五”期间，模具工业要大力发展用户行业需要的中高档模具产品，提高为国民经济支柱产业、国家重点工程、重点项目及战略性新兴产业配套服务的能力。

2） 积极推动企业走“专、精、特、新”发展道路。在大力支持大型重点骨干企业、以模具为主业上市公司向“大而强”的方向发展，提升它们的研发水平和行业引领能力的同时，要积极引导中小企业向“小而专”和“专而精”方向发展，减少因“同质化”现象严重导致的过度竞争；鼓励发展各种形式的产业联盟，促进行业发展。

3） 努力实现创新驱动发展。积极推进从资源要素驱动向创新驱动发展模式的转变。在以引进消化吸收再创新为主的技术创新模式基础上，提高工艺、设备、模具一体化技术的开发应用的集成创新能力。同时，通过改进“产、学、研、用”科研体制，增强模具设计制造技术的原始创新能力；借鉴三资模具企业经验，结合信息化建设，大力推进现代企业经营管理模式的创新；大力发展面向模具生产的现代制造服务业，加快模具企业从单纯生产型向生产服务型转变；推进“互联

网 + 模具制造”经营模式的探索和发展。加快模具行业的信用体系建设速度。积极参与构建模具行业两化融合贯标体系，推动模具企业全面开展两化融合评估、诊断、对标全面提升模具行业两化融合的成效，为产业全面转型升级提供重要途径。

4）提高企业国际化程度，稳定模具出口增长。提高产品的技术水平和标准化程度，稳定国际市场份额；增强质量信誉和品牌影响力，扩大模具出口份额；完善海外营销网络和售后服务体系建设，稳定我国模具的出口增长。

5）继续实施“项目带动”。按照《中国制造 2025》计划提出的发展重点和主要任务，结合模具行业的转型升级，以国家重点工程、重点项目、重点发展产品作为切入点，继续实施“项目带动”战略。在国家宏观政策引导下，组织重点骨干企业把模具项目融入到与之配套的产品项目中去，更好地去争取国家和各级地方政府有关部门的项目支持。鼓励模具生产企业按照本企业的发展战略自筹资金开展模具制造技术和模具新产品的研发活动。通过项目立项、项目实施、验收评价等规范性操作，提高模具企业和整个行业的研发能力和科研水平。

6）加快模具人才培养体系改革和建设。按照 “国务院关于加快发展现代职业教育的决定”精神，推进国家、行业、企业三位一体的模具人才培养体系的改革、建设。加快建立以人才需求为导向的现代职业（继续）教育体系，为我国模具的“由大转强”提供高素质的人才资源。

7）促进模具集聚区的健康发展，探索模具制造业产业集群协同创新的发展新思路，提升现代制造服务业要素融合、体系支撑对模具制造产业的促进作用，加快推进制造产业与科技技术、市场需求、金融资产、人才资源的共生共荣推动制造聚集区的发展。

三、发展目标与重点任务

（一）发展目标

1）国内市场国产模具自配率达到 90% 以上，满足模具用户行业发展对模具产品的需要（2020 年国内模具市场预计为 2 500 亿元）。重点发展制造业技术发展和转型升级中需要的中高档模具（在模具总量中的比例达到 60%）和新兴产业发展急需的关键模具。

2）模具出口达到 60 亿美元，其中中高档模具比例提高到 50% 以上。

3）高新技术企业达到 500 家左右；上市公司达到 40 家左右；中国模具工业协会评定授牌的“中国重点骨干模具企业”达到 200 家左右（2015 年 160 家），其销售额占全行业的比例达到 25%；中国模具工业协会评定授牌的“模具出口重

点企业”达到 100 家左右（2015 年 33 家）。

4）建立模具行业企业信息化建设评价体系，提升企业信息化技术应用水平。50% 以上的规模以上企业基本实现信息化技术用于模具的研发设计、加工制造和经营管理。85% 的重点骨干企业基本实现模具全三维 CAD 和 CAD/CAE/CAM/PDM 设计生产技术，全面应用信息化技术的重点骨干企业达到 75%。提高模具企业进入到为之服务的产品开发设计中去的能力。

5）大力发展大型、精密、复杂、多功能复合模具和高速多工位级进模、连续复合精冲模、子午线轮胎活络模具以及微特模具。

6）积极发展高档模具标准件和模具基础零部件研发生产。主要包括：热流道元件、氮气弹簧、精定位元件、特殊斜楔、钣金数控成形刃模具和智能模具测控元件等。提高我国高档模具标准件制造能力，提升我国模具标准化制造水平。

7）在适用于模具企业的自主品牌软件的开发与提高方面有明显成效。

8）大力发展现代制造服务业，进一步优化模具行业结构。支持建立 10 家左右专业设计公司、技术服务公司、管理咨询公司等知识型制造服务企业，提高知识密集型面向模具制造的服务业在制造服务业中的比重；在模具生产集聚地区，建成 5 个左右功能较为完备的行业公共服务平台；提升模具行业中小企业精益研发服务平台、模具及其零部件质量控制与检测服务平台、模具行业信息交流和加工协作等平台的运行水平；积极培育以云计算和互联网技术为基础的模具设计制造运营平台。

9）建立起中国模具行业“企业信用等级”评价体系，5 年内完成 300 ～ 350 家模具企业的评价授信。建立起“中国模具工业协会团体标准”体系和工作机构，5 年内完成 50 项标准的制定。

（二）主要任务

1．建立国内外模具市场变化预警机制

准确分析并发布国内外模具市场变化信息，引导行业投资、技改和结构调整，主动适应中国经济（制造业）发展新常态，平衡模具分行业间的产能和市场匹配。

2．大力推进行业发展的创新驱动

1）继续完善行业技术创新体系建设，增加自主知识产权的技术和产品比重。我国模具行业已有 3 个国家级工程研究中心、1 个工程技术研究中心和 1 个国家重点实验室，它们为我国模具行业的发展，尤其是技术进步方面做出了很大贡献，但在水平和数量上，还不能满足行业转型升级发展需要。为促进我国模具行业“由

大转强”，在提升国家级模具技术创新机构的研发水平的同时，鼓励有能力的企业建设一批产业模具工程技术中心，与企业建立的技术研究中心一起，在行业共性技术和关键技术开发方面形成具有自主知识产权的成果，并实现成果产业化及推广应用。

2）重点发展数字化模具加工技术和信息化管理技术。大力推进模具数字化设计制造及企业信息化管理技术的开发应用，支持具有自主知识产权的模具生产和管理的专用软件的开发及升级，包括模具全三维 CAD 和 CAD/CAE/CAM 生产技术及高速高精加工、复合加工、精细电加工、标准化自动化加工、大规模定制生产及网络虚拟技术等模具加工新技术和 CAPP、ERP、MES、PLM 等信息化管理技术。用模具精细化制造和精益生产来保证和提高模具的可靠性和稳定性。积极参与模具制品成形过程在线智能化控制技术的研发。

3）推进产学研用结合，提升模具企业创新能力。支持企业建立产学研用相结合的科技创新平台，设立博士后科研工作站和大专院校科研实习基地，开展以企业为主体的产学研用相结合的科技创新活动，提升模具企业成为技术创新主体的能力，加快科技成果产业化的速度。

3．继续实施项目带动战略

提高企业作为技术创新主体的能力和企业自主创新能力，努力掌握核心技术和关键技术，发展先进制造技术和装备，提高模具数字化设计制造技术和自动化加工水平。努力为绿色制造、装备轻量化及新材料、新成形工艺应用开发新型模具。推动产业技术创新联盟建设，提升模具在零部件成形制造整体解决方案中的能力和中国模具在国际高端装备制造业中的影响力和话语权。

4．重点发展高技术含量、高附加值的中高档模具产品

重点发展汽车轻量化制造技术所需的（超）高强度钢板冲压模具、纤维增强及多料多色注射模具、轻合金压铸及铸造模具，为 D 级汽车等中高档轿车的覆盖件模具和模夹一体化产品，为电子信息、IT 产业、仪器仪表、医疗器械、智能网络终端配套的精密模具。努力发展航空航天、高速铁路、电子和城市轨道交通、船舶、新能源、机器人、3D 打印设备等战略新兴产业所需的新特模具，满足新兴模具用户行业发展需要。大力发展模具标准件生产，加大精密模具配件的市场开发力度，努力增加品种、提高质量，提高标准件使用覆盖率。

5．培育重点骨干模具企业队伍和行业“龙头”企业

进一步打造国家级乃至世界级的骨干模具企业，鼓励它们创名牌产品，向“大

而强”和“专而强”方向发展；支持作为中坚力量的一大批中小企业走“专、精、特”发展道路；鼓励重点骨干企业与主机厂紧密结合，主动参加国家重点装备制造的联合开发，提升企业提供整体解决方案的能力；提高重点骨干模具企业的国际化水平。

6．发展外贸，稳定模具出口增长

模具出口是我国模具行业转型升级、产能转移的一个重要途径。“十三五”期间，要继续开展有针对性的市场对接和国际交流活动，加快出口基地建设，培育重点出口企业，支持完善海外营销网络和售后服务体系建设，提升模具出口企业的国际化水平，稳定模具出口增长。同时，鼓励模具企业或集聚园区到海外投资建厂。

7．加强人才队伍建设

培养和造就一支包括工程技术人员、技术工人和管理人员在内的高素质的员工队伍，是“十三五”期间我国模具行业所面临的一个重要而艰巨的任务。同时，提升企业家素质任务也迫在眉睫。为此，必须积极开展以提高技能和知识更新为重点的继续教育培训工作，加大对技能人才在岗培训和继续教育力度，努力建设模具技能培训网络和技能鉴定体系，加快培养一大批结构合理，素质优良的技术技能型、复合技能型、知识技能型的模具专门人才，包括高级人才和优秀企业家队伍，逐步形成与模具行业发展相适应的、比例结构与发达国家相近的人才格局。

完善和提高中国模具工业协会人才培训基地建设和水平，完善模具行业特有工种职业技能鉴定和技术人员鉴定体系。5 年培训高技能人才 25 万人次左右。受过专业教育、职业教育和在岗培训的人员占行业职工总数的比例达到 90% 以上。重点骨干企业高技能人才（具有技师、高级技师能力）占职工总数的比例达到 30% 以上。

中国模具工业协会积极参与“2016—2020 年教育部职业院校教学工作诊断与改进专家委员会”工作，推动模具职业教育持续提高技术技能人才培养质量，服务《中国制造 2025》。

8．继续推进模具集群式生产方式的发展

模具生产集聚区是我国模具工业发展的特色，有利于资源的整合与充分利用，为我国模具的“由小到大”做出了积极贡献。“十三五”期间，要继续推进模具集群式生产方式和模具集聚区的发展，鼓励已成规模的集聚区进一步提高水平，指导在建和规划中的集聚区的建设。支持有条件的聚集区建立健全公共服务平台，

发展现代制造服务业，提高区域配套服务能力，为模具产业的转型升级做出示范。

9．继续鼓励企业以模具制造技术为核心的产业链延伸

10．继续推进品牌战略实施，加快企业诚信体系建设

11．建立中国模具工业协会团体标准体系

四、促进模具行业“由大转强”的政策建议

为了完成“十三五”发展目标及主要任务，使我国模具工业更加科学健康发展，需要社会各方的大力支持与共同努力，现提出如下建议意见：

1）在“十二五”实施产业振兴支撑项目、科技专项、重点技改和强基工程的基础上，建议各级政府有关部门加大对模具行业的支持力度，鼓励和支持模具行业基础理论和共性技术的研究与开发，积极引导企业增大研发和技改投入，并大力支持行业研发体系和公共服务平台的建设与发展。

2）鼓励自主知识产权软件的开发、应用，加大对模具设计、制造、分析软件企业的反垄断力度。

3）鼓励和支持模具行业进一步开拓国际市场，支持海外营销网络和售后服务体系建设，提高高技术含量和高附加值的模具出口退税率，推进模具出口基地建设和对出口重点企业的支持力度，鼓励技术出口和资本出口。

4）鼓励模具产业集聚区建设，并引导其不断转型升级。

5）实施品牌战略，培育名牌，表彰质量诚信企业；鼓励企业向规范化的现代企业迈进，支持上市。

6）各级政府应给予政策支持，做好模具人才的培养工作和智力引进工作。

7）充分发挥行业协会等社会组织的作用，明确行业协会的法律地位，支持协会建设，推进行业发展。